U d'/ of Ottawa
39003003032751

Digitized by the Internet Archive
in 2012 with funding from
University of Toronto

http://archive.org/details/leschutesduniaga00spen

PÈRES OBLATS
GLISE ST. PIERRE
MONTRÉAL

ANNEXE DE LA BIBLIOTHÈQUE
uOttawa
LIBRARY ANNEX

PÈRES OBLATS
EGLISE ST. PIERRE
MONTRÉAL

Canadiana
F4

LES CHUTES DU NIAGARA

21177c—1

2343

Vue des Chutes Canadiennes. Eau basse, 1889; périmètre 2,500 pieds, raccourci depuis, de 415 pieds, par suite du détournement pour force motrice.
(Par permission de la Baker Art Gallery, Columbus, Ohio)

CANADA
MINISTÈRE DES MINES
HON. LOUIS CODERRE, MINISTRE; R. G. MCCONNELL, SOUS-MINISTRE

COMMISSION GÉOLOGIQUE, CANADA

LES CHUTES DU NIAGARA

LEUR ÉVOLUTION, LES VARIATIONS DE RELATIONS AVEC LES GRANDS LACS; CARACTÉRISTIQUES DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIE ET EFFETS DU DÉTOURNEMENT

PAR
JOSEPH WILLIAM WINTHROP SPENCER
M.A., PH.D., F.G.S.

1905–6

OTTAWA
IMPRIMERIE DU GOUVERNEMENT
1915

No. 1571

GB
1427
.M5 S714
1918

A. P. Low, B. Sc., F.R.G.S.,
Sous-ministre des Mines.

Monsieur,—

J'ai l'honneur de vous transmettre ci-joint une monographie sur l'étude géologique et physique des Chutes du Niagara, commencée et développée sous les ordres du Dr Robert Bell, sous-chef intérimaire et directeur de la Commission géologique et plus tard continuée sous votre autorité.

J'ai l'honneur d'être

Votre obéissant serviteur,

J. W. SPENCER.

Décembre 1907.

AVIS

Ce travail a été publié primitivement en anglais dans l'année 1907

MINISTÈRE DES MINES
DIVISION DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE
A. P. Low, B.Sc., F.R.G.S., Sous-Ministre des Mines

ROBERT BELL, I.S.O., H.D., D.Sc. F.R.S.,
Géologue en chef.

Monsieur,—

J'ai l'honneur de vous transmettre un rapport et une carte sur les lignes de recul des Chutes du Niagara pour votre Rapport Sommaire de 1905; ainsi que la majeure partie des cartes et des illustrations pour la monographie commencée en juin 1905, sous vos ordres en qualité de Sous-ministre intérimaire et de directeur de la Commission Géologique du Canada. Ces ordres supplétifs ont été émis par vous, par suite de la découverte inattendue de faits extrêmement importants. Le travail sur le terrain est achevé, sauf un essai de sondages sous les chutes elles-mêmes et la vérification générale sur le terrain, qui sera faite après que la rédaction du rapport sera écrite; cette dernière opération sera, je l'espère, prête le mois prochain.

J'ai l'honneur d'être,

Votre obéissant serviteur,

J. W. SPENCER.

Mai 1906.

PRÉFACE

Le Niagara et son histoire sont si familiers que la majorité des gens se figurent que tout ce qui regarde les chutes a déjà été écrit et tout travail additionnel paraît tenir plutôt de la répétition ou du roman. Parmi les divers travaux littéraires, très peu ont trait à l'aspect géologique, et un nombre plus petit encore ont grossi notre bagage scientifique à cet égard. Et pourtant ces contributions, comme on peut en juger par beaucoup des découvertes indispensables annoncées dans ce livre, formaient des chapitres trop incomplets pour servir de base à l'établissement d'une science des Chutes. Cette assertion vise non seulement leur aspect géologique, mais encore leur aspect physique; bien que le volume de la rivière ait été mesuré pour connaître le développement d'énergie possible, quelques-uns des problèmes n'ont pas été résolus par l'ingénieur, non seulement les problèmes qui ont trait à l'avenir, mais encore ceux qui s'appliquent au débit moyen. Le retrait des chutes dans les diverses strates est la limite ordinaire des recherches utiles aux géologues. Mais les changements de volume et des courants de la rivière, de la hauteur des chutes, les effets des vallées ensevelies, déterminés par des causes agissant loin de la grande cataracte, ont ouvert un champ d'investigation nouveau, ainsi que l'application de méthodes de recherches plus précises que celles qu'on avait suivies autrefois; si bien que les Chutes du Niagara ont donné naissance à cette branche de la science absolument unique, incomprise jusqu'à présent et qu'il était impossible d'interpréter à la lueur de connaissances qui lui étaient étrangères.

Quatre levés de la ligne de retrait des chutes ont été faits à des intervalles considérables. Le dernier publié a été fait en 1890, mais aucun n'a été entrepris par les autorités canadiennes. Comme le détournement d'énergie appelait l'attention

et comme il modifie le retrait, le Dr Robert Bell, sous-ministre et directeur de la Commission Géologique du Canada, a senti le besoin d'agir promptement, car les travaux en voie d'exécution tendaient à modifier les conditions naturelles, si bien que l'occasion finale s'enfuyait rapidement. De plus, les observations prises par les ingénieurs des compagnies de force motrice pouvaient avoir leur valeur et seraient perdues quand ces ingénieurs se disperseraient. Dans ces conditions, et voyant que j'avais commencé un travail de ce genre, pour mon propre compte, en faisant le levé de la ligne de crête en octobre 1904, le Dr. Bell m'a donné l'ordre de préparer une monographie complète sur la "Science des Chutes," car il connaissait mes travaux antérieurs sur ce sujet. Ils avaient été déjà publiés dans un rapport de l'honorable Andrew H. Green ([1]) qui avait provoqué l'établissement du parc des Chutes du Niagara, du côté de l'état de New-York, après que Lord Dufferin eût proposé un parc semblable du côté canadien.

C'était M. Green qui avait donné naissance à la Deep Waterways Commission pour la protection des Chutes. A cet égard, il est bon de dire que j'ai représenté M. Green dans quelques-unes de ses négociations avec feu le secrétaire d'Etat Hay, qui s'intéressait aussi beaucoup aux Chutes du Niagara. De fait M. Green désirait beaucoup que je fisse le travail exécuté maintenant sous les ordres du Dr Bell.

Quand M. Low lui a succédé au directorat, il a prolongé mes instructions jusqu'à une date que je jugeais suffisante, mais il n'en a rien été, attendu que j'ai du compléter le travail moi-même par amour de la science et que la Commission Géologique en a le profit conformément aux arrangements effectués par M. Low.

Les ordres reçus ont pris effet en juin 1905 et le travail sur le terrain a été exécuté jusqu'en février 1906. Ceci était dû à la clémence de l'hiver, car, jusqu'au 25 janvier 1906, les

1 Onzième rapport. Com. State, Niag. Falls, 1895.

cultivateurs ont pu labourer. Après que le rapport eut été bien avancé, sa complexité a exigé une révision sur le terrain et j'y suis retourné durant plusieurs semaines pour le quitter le 26 octobre, 1906.

Les nouvelles investigations en cours ont consisté dans les recherches suivantes: (1) sondages à tous les points du changement de la gorge, même sous les Chutes du Niagara elles-mêmes et dans le Whirlpool; (2) forages pour reconnaître la nature des lits des chenaux ensevelis sur lesquelles la rivière a coulé ensuite; (3) levés avec instruments des anciennes berges de la rivière et de la position des strates; (4) investigations des fluctuations du lac basées sur des mesurages quotidiens durant cinquante années et sur leur relation avec la stablilité de la croûte terrestre, sur l'abaissement des issues du lac et des lacs eux-mêmes et sur les nouveaux résultats des débits des rivières—qui sont toutes modifiées par les changements météorologiques. J'ai examiné aussi les effets futurs sur les Chutes du Niagara et sur les lacs d'en haut du détournement de l'eau aux Chutes. Le recul des chutes, de leur naissance aux jours actuels et pour l'avenir a été déterminé aussi bien que leur âge. L'existence d'une ancienne décharge Erié, quelques milles à l'ouest, qui n'était pas soupçonnée jusqu'à présent, est la découverte la plus importante de l'histoire des changements de la région du lac. La ligne frontière internationale qui montre que les plus grandes chutes sont dans le Canada a été tracée sur la carte.

En plus des autres résultats scientifiques, des particularités se rapportant aux questions internationales ont surgi relativement aux effets du drainage des Chutes à la frontière internationale et de l'abaissement des lacs par détournement d'énergie, ainsi qu'à la propriété des droits hydrauliques des Chutes du Niagara. L'établissement de la ligne frontière aux Chutes devient même une question géologique et pas simplement une question de levé ordinaire.

Il était bien à propos que les investigations fussent faites par les soins de la Commission Géologique du Canada, car la plupart des traits que revéle l'histoire du Niagara dépendent du Canada. Des annotations et des documents ont été publiés en annexes pour compléter le travail.

Il serait injuste de ne pas rappeler la mémoire de feu le Prof. J. P. Lesley, qui, le premier, a jugé de la valeur de mes premières observations au sujet des chutes du Niagara et, grâce aux chaleureux encouragements duquel, j'ai songé à développer mes recherches dans la voie posée et approuvée par lui, ajoutant un nouveau chapitre, comme il l'a dit, à la science qui a fourni les bases du travail actuel.

La meilleure collection de publications sur les Chutes du Niagara est celle de l'hon. Peter A. Porter, de Buffalo, qui possède un grand nombre de volumes anciens. La bibliographie a été omise de ce travail, parce que la plus grande partie est entièrement en dehors du sujet, mais on peut la trouver dans les publications précieuses des Commissaires de la Réserve de l'Etat des Chutes du Niagara, à New-York.

REMERCIEMENTS

J'ai été beaucoup aidé dans ce travail. Le capitaine Carter, de la *Maid of the Mist* a mis son bateau à ma disposition pour les sondages. M. James Wilson, I.C., surintendant du Queen Victoria Park m'a prêté l'assistance la plus précieuse durant toute la période des travaux. M. W. T. Jennings et M. George A. Ricker ont eu l'amabilité de me fournir leurs levés détaillés de la gorge. M.M. Beverley Value et Jas Goodwin, M.M. Banker Payne C. E. Mitchell, et M. A. H. Van Cleve, des différentes compagnies d'énergie, m'ont beaucoup aidé. Je dois en particulier des renseignements relatifs aux forages à M. Jacob Schneider (qui m'a aussi aidé dans les forages, ainsi que M. C. C. Butler) et à M.M. D. A. Coste, F. W. James, W.

J. Aikens, J. Hayden Smith, Geo. Lang, H. W. Hunter et autres, des compagnies de puits de gaz, et je désire offrir à tous mes remerciements les plus sincères. M. M. J. Butler, sous-ministre des Chemins de fer et Canaux, M. James White, du ministère de l'Intérieur, M. J. L. Weller, du canal Welland, M. Stewart, des canaux du St. Laurent, M. Postlethwaite, du port de Toronto, et autres m'ont fourni les données sur les fluctuations des lacs. Je dois remercier spécialement mes aides, M.M. Robert Harvie et Claude E. Eldridge, pour le grand intérêt qu'ils ont pris dans le travail et leurs bons services sur le terrain. Il est de plus juste que je remercie mon dessinateur, M. J. D. Cleary, et mon commis de bureau et sténographe Miss E. D. Liscom, qui m'ont rendu des services plus qu'obligatoires. Je désire remercier M. O. C. Sénécal, dessinateur en chef du ministère, pour les additions finales aux cartes et pour la surveillance des gravures, etc.

Je remercierai spécialement le Secrétaire d'Etat des Etats-Unis à la Marine et aussi le capitaine Z. L. Tanner pour le prêt aimable qu'ils m'ont fait personnellement des appareils propres aux sondages dans les rapides de la gorge du Niagara.

Finalement j'ai une dette particulière à acquitter envers M. Wm McMahon, surintendant de l'Imprimerie du gouvernment, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail et pour la façon élégante dont ce volume est présenté; pour sa prompte publication après que j'ai été mis avec lui en relation directe et pour l'assistance et la courtoisie de tous ces messieurs de l'Imprimerie avec lesquels je me suis trouvé en relations.

ORIGINE DU NOM "NIAGARA"

La région était occupée autrefois par une nombreuse tribu d'Indiens dont le nom est inconnu. Au commencement du XVII e siècle, on les appelait les "Neutres" (entre les Hurons et les Iroquois), mais au milieu de ce siècle, ils furent exterminés

par les Iroquois après la défaite des Hurons. Il ne reste qu'un mot de leur langage. C'est Onghiara, qui s'appliquait aux chutes et à la rivière qui coulait en aval. Ce nom fut adopté par les Indiens qui ont plus tard peuplé ce district. Le nom s'est modifié en celui de Niagara avec l'accent sur la pénultième (*Niagára*) et c'est ainsi qu'on le prononçait au début du dix-neuvième siècle. (Pour plus amples détails, *Voir* p. (492).

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I

RÉSUMÉ PARTIEL

CHAPITRE II

LIGNE FRONTIÈRE INTERNATIONALE AUX CHUTES DU NIAGARA

Page

Ligne frontière localisée par la Commission de 1819 ..... *Frontispice*
Croissant des Grandes Chutes, du côté canadien, de cette ligne 18
Premier levé canadien du recul des chutes 19

CHAPITRE III

NOUVEAU MESURAGE DU RECUL DES CHUTES DU NIAGARA

Levés des chutes 21
Carte de la rivière Niagara de Montresor (1764); Stegman (1769); carte de la Frontière Internationale (1819); Hall (1842); Service des lacs des E.U. (1875); Woodward (1886); Kibbe (1890); Spencer (1904-5) 30
Résultats des levés des chutes du Niagara; ligne de crête et son raccourcissement; longueur et superficie du recul (1842-75) 30
Marche du recul et changement de forme 30
Retrait des chutes américaines 42
Retrait plus lent des chutes, maintenant et à l'avenir 43
Position des chutes à l'époque où le père Hennepin l'avait determinée 46

CHAPITRE IV

HAUTEUR DES CHUTES ET PENTE DE LA RIVIÈRE NIAGARA

Déclivité des rapides d'en haut 50
Hauteur des chutes 50
Déclivité des rapides Whirlpool, Cascade à l'issue du Whirlpool, et des rapides des Foster Flats 51
Tableau de la pente de la rivière Niagara 54

CHAPITRE V

NOUVEAUX SONDAGES DANS LA GORGE DE LA RIVIÈRE NIAGARA

Page
Premiers sondages dans la rivière 57
Position des nouveaux sondages 58
Sondages sous les chutes canadiennes (1906, premier essai) 60
Sondages des chutes canadiennes près du pont Cantilever 61
Sondages et forages au pont Cantilever 64
Rapides Whirlpool 65
Sondages dans le Whirlpool 66
Sondages en aval de l'issue du Whirlpool 71
Sondages en aval de Foster Flats et juste en dedans de la gorge 75
Sondages dans la rivière au delà de l'extrémité de la gorge 76
Sondages en amont des rapides d'en haut 79
Profondeur de l'eau sur les rapides d'en haut 80

CHAPITRE VI

STRUCTURE ROCHEUSE INFLUENÇANT LE RECUL DES CHUTES

Structure rocheuse du plancher des rapides d'en haut, joints, etc. . 85
Effets de la vallée Falls-Chippawa sur les rapides d'en haut 87
Mode de retrait des chutes dans les formations rocheuses 89
Profondeur de la puissance d'excavation des présentes chutes 93

CHAPITRE VII

STRUCTURE ROCHEUSE DE LA GORGE

Puissance des strates et table des altitudes 95
Pendage des strates 97
Effets du pendage des strates sur la rivière 99
Irrégularités des strates de couverture de calcaire Niagara 100

CHAPITRE VIII

CARACTÈRE DE LA GORGE EXCAVÉE PAR LA RIVIÈRE NIAGARA

Préface 103
Chenal profond au delà de l'extrémité de la gorge et rapides ou chutes noyées 104
Biefs inférieurs des sections de la gorge 105
Ravin Smeaton 106
Bief Foster et trou du Diable 108
Bief des rapides Whirlpool 111
Bief des chutes 113

CHAPITRE IX

BERGES ORIGINALES ET LIT DE LA RIVIÈRE NIAGARA

Page
Débouché du lac Erié et bref supérieur de la rivière Niagara..... 117
Bief du canyon en amont et en aval du Whirlpool..... 119
Du ravin Smeaton à l'extrémité du canyon..... 131
De l'embouchure de la gorge au lac Ontario..... 131

CHAPITRE X

WHIRLPOOL, VALLÉE ENSEVELIE ST.-DAVID

Supposition quant à son origine..... 133
Traits superficiels du creek Bowman au bord de l'escarpement..... 135
Caractéristiques de la gorge Whirlpool, sa largeur..... 138
Forages dans le chenal, origine du Whirlpool moderne..... 140
Caractère des matériaux de transport dans le chenal profond..... 142
Bois fossile enseveli dans le transport..... 143
Puits d'aérage..... 143

CHAPITRE XI

CHENAL ST.-DAVID EN AVAL DE L'ESCARPEMENT

Surface préglaciaire décelée par la profondeur des puits..... 145
Levé des berges du Niagara en aval de la section de la gorge..... 147

CHAPITRE XII

DÉTROIT DES RAPIDES WHIRLPOOL

Importance de cette section..... 151
Levé des particularités des rapides Whirlpool..... 152
Forages au pont Cantilever avec tableau de la coupe..... 155
Accumulations dans les chenaux du Whirlpool et du détroit comparées..... 157
Quantité d'excavation et de remplissage du détroit..... 158
Caractère de l'ancienne vallée du détroit..... 160
Détroit des rapides Whirlpool, excavation rocheuse par la rivière moderne..... 164
Élargissement de la gorge en amont des rapides..... 168

CHAPITRE XIII

VALLÉE ENSEVELIE FALLS-CHIPPAWA

Page

Forages, profondeur de transport et absence de chenal à l'ouest de la gorge 171
Vallée indiquée par les puits profonds adjacents aux chutes 173
Élargissement au sud de la vallée Falls-Chippawa 173
Origine des rapides d'en haut et du bassin des chutes 176
Vallée Falls-Chippawa au sud du parc Victoria 176
Dernier renversement du drainage des chutes 178
Terrasses inférieures du bassin des chutes 179
Résultats de la trouvaille de la vallée Falls-Chippawa 179

CHAPITRE XIV

FOSTER FLATS—ENREGISTREMENT DES CHANGEMENTS DE HAUTEUR DES CHUTES ET DU VOLUME DE LA RIVIÈRE

Signification de cette section 183
Caractéristiques des Foster flats et des traits associés 184
Terrasse Wilson de calcaire Clinton et ses restes 189
Trous de marmite dans les blocs tombés 192
Distinction entre les blocs Niagara et les blocs Clinton 192
Éperon septentrional de la terrasse Wilson et de l'anse en arrière 193
Union des chutes Niagara et Clinton, leurs hauteurs 197
Troisième cataracte, ou cataracte Medina 200
Augmentation du volume de la rivière 201
Revision des conclusions antérieures 204

CHAPITRE XV

TERRASSES AUPRÈS DE L'EXTRÉMITE DE LA GORGE ET NIVEAUX DU LAC INFÉRIEURS AU NIVEAU ACTUEL

Terrasse Roy et niveau du lac à la naissance des chutes (287 pieds) 207
Plateau Eldridge (200 pieds) 211
Terrasse Bell (174 pieds) 212
Plage Iroquois (137 pieds) 213
Terrasses inférieures 216
Delta de la rivière Niagara et continuation d'affaissement du lac 217
Niveau le plus bas de l'eau dans le bassin a'Ontario 219
Recul final des eaux à leur niveau actuel 219

CHAPITRE XVI

ACTION GLACIAIRE ET MATÉRIAUX DE TRANSPORT ADJACENTS A LA RIVIÈRE NIAGARA

Page
Action glaciaire dans le district Niagara 221
Caractère du transport argileux et caillouteux 222
Caractère des arêtes de sable 225
Dépots de rivière avec coquilles 227

CHAPITRE XVII

BASSINS DES LACS ET CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES AYANT UN EFFET SUR LES CHUTES

Aire de drainage. La part Erié 227
Pluviosité et évaporations des bassins des lacs 230
Modifications des conditions dans le bassin Erié 231
Humidité 232
Température 232
Vélocité du vent 232
Relation entre l'évaporation et la pluviosité 233

CHAPITRE XVIII

FLUCTUATIONS DES LACS

Lac Erié. Notice sur les positions d'observations 235
Fluctuations quinquennales moyennes de l'Erié, 1850-1905 237
Comparaison entre les fluctuations de l'Huron et de l'Erié 238
Abaissement du lac Huron 239
Drainage par le canal Chicago 240
Changements de niveau de l'Huron agissant sur celui de l'Erié 240
Comparaison des fluctuations de l'Erié et de l'Ontario 241
Fluctuations quinquennales moyennes de l'Ontario, 1854-1905 242
Comparaison des fluctuations du lac Ontario et du Saint-Laurnet 243

CHAPITRE XIX

ABAISSEMENT DES DÉBOUCHÉS DES LACS

Page
Stabilité du débouché du lac Supérieur 245
Tableau des fluctuations annuelles moyennes de l'Erié, de l'Huron et du lac Supérieur 247
Abaissement du débouché de l'Huron 247
Table des fluctuations moyennes annuelles de l'Erié et de l'Ontario . 251
Abaissement du débouché de l'Erié sur le même pied que celui de l'Ontario 251
Abaissement du débouché de l'Ontario 254
Effets de l'abaissement de l'Ontario sur les lacs plus hauts 256
Effets de l'abaissement des lacs sur les canaux et les havres 258
Elévations corrigées des grands lacs 259

CHAPITRE XX

DEBIT DES RIVIÈRES NIAGARA ET AUTRES QUI CONSTITUENT LE DRAINAGE DU ST-LAURENT

Notes sur le débit 261
Débit moyen quinquennal des rivières Ste-Marie, St-Clair, Niagara et St-Laurnet 262
Variations de débit de la rivière Niagara 263
Variations de débit de la rivière St-Clair 264
Variations de débit de la rivière St-Laurent 265
Variations de débit de la rivière Ste-Marie 266
Proportion de drainage du bassin Erié 266

CHAPITRE XXI

ÉNERGIE DU NIAGARA—PARTIE I

Variation de débit et contraction actuelle 269
Échelle des chutes en chevaux-vapeur 269
Énergie disponible en retrait 270
Force mécanique nette 270
Proportion des chenaux et chutes Canadiens et Américains 271
Privilèges 273
Limitations d'usage 275
Énergie de la rivière Niagara en aval des chutes 275

CHAPITRE XXI—PARTIE II

RESSERREMENT DES CHUTES ET ABAISSEMENT DES LACS PAR DÉTOURNEMENT POUR ÉNERGIE

Page
Effets sur les chutes Niagara de l'emploi d'énergie..... 279
Abaissement des lacs et canaux par emploi d'énergie aux chutes.... 282

CHAPITRE XXII

CHANGEMENTS DANS LES NIVEAUX D'ONTARIO INDIQUÉS DANS LA PLAGE IROQUOIS

Premières observations relative à la plage Iroquois..... 291
Caractéristiques de la plage Iroquois..... 294
Redressement de terrain consigné par la plage Iroquois..... 296
Plage plus basse et augmentation de la déclivité Niagara..... 299
Changements soudains de niveau..... 300

CHAPITRE XXIII

EFFETS DES RIVES REDRESSÉES DE WARREN WATER SUR LE DISTRICT DE NIAGARA

Notes sur l'étude du lac Warren..... 301
Elévation de la plage Forest..... 303
Redressement de terrain à l'extrémité orientale du lac Erié..... 305
Elévation du plan de Forest au-dessus de l'Iroquois..... 306
Gauchissement après un long recul des chutes Niagara..... 306

CHAPITRE XXIV

SÉPARATION DE L'ERIÉ ET DU HURON AU DÉMEMBREMENT DE L'EAU WARREN. RÉTRECISSEMENT DU LAC ERIÉ

Démembrement de l'eau Warren..... 307
Séparation des drainages Huron et Erié..... 307
Découverte originale du détournement du drainage Huron..... 308
Retrécissement du lac Erié..... 311

CHAPITRE XXV

DÉBOUCHÉ NORD-EST DU LAC ALGONQUIN (LES TROIS LACS D'EN HAUT)

Drainage Huron du nord-est et diversion du Niagara..... 313
Soulèvement nord-est de la plage Algonquin..... 313
Quantité de redressement indiquée dans la plage..... 314
Barrière du lac Algonquin..... 316

CHAPITRE XXVI

SOURCE DES AFFLUENTS ST-CLAIR DU LAC ALGONQUIN

Page
Terrasses auprès du lac St-Clair 319
Profondeur de transport au débouché St-Clair 320
Source des affluents St-Clair 320
Date de la vallée St-Clair noyée 322

CHAPITRE XXVII

AUGMENTATION DU DÉBIT DU NIAGARA PAR L'ACCESSION DES EAUX DE L'ALGONQUIN—C'EST-A-DIRE DU DRAINAGE HURON

Nipissing—débouché Ottawa 323
Quantité d'inclinaison terrestre. Addition des eaux de l'Huron au lac Erié 324
Origine du lac St-Clair 325

CHAPITRE XXVIII

DÉBORDEMENT CHICAGO RÉCENT

Débordement Chicago récent 327

CHAPITRE XXIX

CHENAL ST-LAURENT SANS LE DRAINAGE ET GAUCHISSEMENT HURON

Amoindrissement du chenal du St-Laurent 331
Déformation terrestre indiquée dans les rapides 333
Comparaison de l'ancienne rivière Niagara et de l'Ottawa actuel 334

CHAPITRE XXX

ÉPOQUE DE GAUCHISSEMENT OU DE REDRESSEMENT DE LA RÉGION DES LACS

Gauchissement postiroquois indiqué dans cette plage 335
Gauchissement postiroquois dans le district Niagara 336
Gauchissement de la plage Algonquin 336
Redressement de la plage Nipissing influençant les chutes Niagara . . 337
Effets du soulèvement postiroquois sur la rivière Iroquois 337
Débordement Chicago 338
Causes des mouvements de la terre—Théorie de Fisher 338

CHAPITRE XXXI

PAS DE MOUVEMENTS TERRESTRES ACTUELLEMENT—OU STABILITÉ DE LA RÉGION DES LACS

Page
Observations autour du lac Erié 341
Comparaison des fluctuations à Port Colborne et Cleveland 342
Tableau des fluctuations entre Port Colborne et Cleveland 343
Stabilité de la croûte terrestre dans le bassin Erié depuis cinquante ans 345
Pas de mouvements terrestres dans le bassin Ontario 345
Tableau des fluctuations aux stations de Toronto et du St.-Laurent 347
Absence de mouvements terrestres auprès du lac Huron 349
Importance de la stabilité terrestre 350
Ancienne supposition du détournement futur du Niagara dans le Mississipi 351

CHAPITRE XXXII

RECUL DES CHUTES NIAGARA

Préface 355
Recul actuel 356
Hauteur efficace des chutes en recul 356
Anciens changements dans la hauteur des chutes 360
Variations dans le volume de l'eau 362
Débit différentiel du bassin Erié 364
Lois d'érosion 365
Caractère du chenal de rivière original 365
Effet de la vallée Falls Chippawa sur le recul 366
Recul des chutes américaines 367
Effets de la structure rocheuse 368
Hauteur et volume des chutes à leur naissance 369
Accroissement de la hauteur des chutes et établissement de la seconde cataracte 370
Affaissement des eaux à la terrasse Bell 372
Niveau du rivage Iroquois 372
Union des deux cataractes d'En Haut en amont des Foster flats 373
Chutes Médina ou troisièmes, et leur grande hauteur 373
Augmentation de volume du Niagara à Foster flats 376
Fin de l'importance des chutes Médina 376
Augmentation de la hauteur efficace des chutes en amont des Foster flats 378
Conclusions à l'égard des phases du recul 378

CHAPITRE XXXIII

AGE DES CHUTES NIAGARA

Époque du stage moderne 383
Durée du stage Erié 384
Age total des chutes Niagara 386
Conjectures antérieures quant à l'âge des chutes Niagara 388
Date de l'accession des eaux Huron aux chutes Niagara 392

CHAPITRE XXXIV

RECUL FUTUR DES CHUTES

Page
Recul futur des chutes 397

CHAPITRE XXXV

L'ORIGINE DES BASSINS DES LACS—VALLÉES NOYÉES ET ENSEVELIES

Préface 409
Topographie des bassins des lacs 410
Traits du bassin Ontario 411
Traits du bassin Erié 414
Traits du bassin Huron 415
Traits du bassin Michigan 416
Vallées ensevelies entre la baie Georgienne et le lac Ontario, etc 417
Ancienne élévation plus marquée du continent 418
Affluents méridionaux de l'ancienne vallée laurentienne (Ohio et autres) 422

CHAPITRE XXXVI

PÉNINSULE NIAGARA

Préface 425
Traits de la péninsule Niagara 425
Géologie de la péninsule 426
Elévation des plaines Erié 427
"Short Hills" et les arêtes de sable 428
Vallée Grand River-Dundas—ancien drainage 429

CHAPITRE XXXVII

DÉCOUVERTE DU DÉBOUCHÉ ERIÉ

Chenaux profonds près du lac Erié 431
Bassin Salina 431
Forage de puits 432
Frontières méridionale du calcaire cornifère 434
Frontière septentrionale du calcaire Niagara et de la dépression Thorold 434
Traits du district "Short Hills" 435
Canon Erigan 436
Chutes De Cou et Swaze 441
Pente du débouché Erigan du bassin Erié 441
Tributaires de l'Erigan 445
Croisement des dépressions des lacs 446

ANNEXES

ANNEXE I

PREMIÈRES DESCRIPTIONS DES CHUTES NIAGARA

	Page
A, Hennepin (1678)	451
B, Kalm (1750)	452
C, Ellicott (1790)	461

ANNEXE II

NOTES DU LEVÉ DU RECUL DES CHUTES

Notes du levé du recul des chutes	465

ANNEXE III

PUITS EN AVAL DE L'ESCARPEMENT

Puits en aval de l'escarpement	469

ANNEXE IV

TABLES MÉTÉOROLOGIQUES

Tables météorologiques		470
Tableau	I. Pluie tombée dans le bassin du lac Supérieur	470
"	II. Pluie tombée dans le bassin lac Huron-Michigan	471
"	III. Pluie tombée dans le bassin du lac Erié-St.-Clair	471
"	IV. Pluie tombée dans le bassin du lac Ontario	472
"	V. Humidité	473
"	VI. Température	473
"	VII. Vêlocité du vent	464

ANNEXE V

Tableau	I. Fluctuations du lac Erié (à Port Colborne)	475
"	II. Fluctuations du lac Erié (à Cleveland)	476
"	III. Fluctuations du lac Huron	477
"	IV. Fluctuations du lac Ontario (à Toronto)	478
"	V. Fluctuations du lac Huron (à Charlotte, Oswego)	480

ANNEXE VI

Tableau I. Débit de la rivière Niagara 481
" II. Débit de la rivière St-Clair 482
" III. Débit des rivières St-Laurent et Ste-Marie 483

ANNEXE VII

NOTES SUR L'ORIGINE DES GRANDS LACS

Notes sur l'origine des Grands lacs 484

ANNEXE VIII

Sur la découverte des chutes Niagara et sur leur nom 488

Dans les tableaux qui précèdent, les recherches comprennent un grand nombre de données dont beaucoup ont été obtenues au moyen d'instruments et qui sont soit nouvelles, soit le résultat de revision et qui complètent la chaîne de preuves propres à résoudre beaucoup de problèmes difficiles. Par conséquent au point de vue scientifique l'auteur assume la responsabilité des assertious, des hypothèses et de la phraséologie de ce rapport.

ILLUSTRATIONS

Planche		Page
	Carte de la gorge du Niagara (Spencer) 1905. "Chutes Canadiennes" du Niagara, 1899	*Frontispice*
I	Carte frontière, 1819	17
II	Carte du recul (Spencer) 1905	20
III	Carte de la rivière (Montrésor) 1764	23
IIIA	Vue des chutes (Pierie) 1768	27
IV	Carte du voisinage des chutes (Stegman) 1799	28
V	Carte des chutes (Hall) 1842	28
VI	Vue de la ligne de crête	31
VII	Vue de la tablette de Goat island	33
VIIA	Vue des chutes (Van der Lyn) 1804	35
VIII	Carte du recul des chutes américaines (Kibbe)	39
IX	Vue des deux chutes	43
X	Emplacement des chutes transversales, de Hennepin	45
XIA	Fin du Whirlpool en bateau	73
XIB	Sondages, en aval du Whirlpool (Embarcation)	73
XIIA	Première Cascade, extrémité ouest	83
XIIB	Première Cascade, N.Y., chenal	83
XIIIA	Lit de la rivière asséchée	84
XIIIB	Lit de la rivière, profondes crevasses	84
XIV	Panorama des rapides d'en haut et des deux chutes	87
XV	Vue de profil des chutes américaines, et terrasses	121
XVIA	Pointe Hubbard, avec terrasse	125
XVIB	En face de la pointe Hubbard avec terrasse correspondante	125
XVIIA	Débouché de la gorge, entaillant l'escarpement	129
XVIIB	Terrasse Iroquois, à l'écoulement de la gorge	129
XVIII	Carte du chenal préglaciaire Whirlpool-St.-David	139
XIX	Rapides Whirlpool	148
XX	Carte des rapides préglaciaires Whirlpool	153
XXIA	Schistes et grès rouges Medina	165
XXIB	Berges originales de la rivière	165
XXII	Carte de la vallée ensevelie de Falls Chippawa	174
XXIIIA	Vue de l'extrémité inférieure de Foster Flats	181
XXIIIB	Vue de l'extrémité supérieure de Foster Flats	181
XXIV	Carte de la gorge de Foster Flats	186
XXVA	Pointe Wilson, Foster Flats	189
XXVB	Anse à la tête des Foster Flats	189
XXVIA	Rapides contournant les Foster Flats	195
XXVIB	Gorge obstruée par les Foster Flats	195
XXVIIA	Trous de marmite	199

Planche		Page
XXVIIB	Pointe Thompson et arcs-boutants	200
XXVIII	Terrasse Roy, à la naissance des chutes	209
XXIV	Rivière Niagara au delà de l'extrémité de la gorge	215
XXX	Lits de sable à la ferme Barryman	223
XXXIA	Première Cascade, extrémité orientale	277
XXXIB	Première Cascade, en amont des îles Sister	277
XXXII	Chutes canadiennes, ouest et avant le raccourcissement	283
XXXIII	Carte de la plage Iroquois	296
XXXIV	Carte de la plage Forest	303
XXXV	Cartes des plages Algonquin et Nipissing	315
XXXVI	Débouché du Whirlpool	381
XXXVII	Chutes canadiennes, eau très haute	395
XXXVIIIA	Etagère de l'île Goat égoutté	399
XXXVIIIB	Anse Carter	399
XXXIXA	Première Cascade, vue de profil de l'est	403
XXXIXB	Première Cascade, étant égouttée	403
XL	Carte des rivières préglaciaires, région des lacs	405
XLI	Carte du chenal Erigan (Débouché Erié enseveli)	433
XLII	Carte de la péninsule Niagara (agrandissement)	439
XLIII	Chutes Niagara (Hennepin) 1678	450
Figure		
1	Carte esquisse des Chutes (1764) (Montrésor)	22
2	Coupe transversale des chutes canadiennes	50
3	Coupe longitudinale et pente de la rivière	53
4	Entassement de glace montrant le massif échoué	62
5	Coupe de sondage; Table Rock à l'étagere de l'île Goat	62
6	" " anse Carter à Prospect Point	63
7	" " au pont d'Arche d'En Haut	63
8	" " au pont Cantilever	64
9	" " au Whirlpool	70
10	" " en aval du Whirlpool	76
11	" " en aval des Foster Flats	76
12	" " à l'intérieur de la gorge	77
13	" " de l'autre côté de la rivière du quai de Queenstown au delà de la source de la gorge	79
14	Coupe transversale de la gorge 600 pieds en dedans	105
15	" " " à Foster Flats	109
16	" " " en aval de la bouche du Whirlpool	109
17	" " " au Whirlpool	110
18	" " " aux rapides Whirlpool	111
19	" " " à la pointe Hubbard	113
20	" " " de Table Rock à l'île Goat	115
21	" " rapides Whirlpool au pont Cantilever complété, avec coupe de forage	155

Figure		Page
22	Coupe longitudinale aux rapides Whirlpool	162
23	Coupe longitudinale aux Foster Flats	184
24	Carte des terrasses à l'extrémité de la gorge	208
25	Carte des terrasses à la baie Burlington	294
26	Carte des affluents St. Clair (noyés)	320
27	Carte du débouché Chicago	328
28	Coupe longitudinale du recul des chutes	357
29	Coupe transversale du canon Erigan aux chutes DeCou	440
30	Coupe longitudinale montrant l'exhaussement du débouché Erié	443

CHAPITRE I.

RÉSUMÉ PARTIEL.

La ligne frontière internationale aux Chutes du Niagara a été fixée par la carte que la Commission de 1819 a signée à cette époque. On a trouvé en un endroit que cette ligne passait à 235 pieds de l'île Goat, ce qui rejette la totalité du grand croissant des chutes dans le territoire canadien, tandis que le tournant au delà du croissant, allant vers l'île Goat appartient seulement à New York. Là le courant est maintenant réduit à des filets d'eau seulement. Le retrait d'eau pour les besoins de la force motrice menace de laisser à découvert une lisière de roches appartenant au Canada couverte maintenant par les rapides, du côté est des chutes. La quantité d'eau tombant sur cette extrémité adjacente à l'île Goat constitue un facteur trop infime de la totalité pour être étudié. Mais le volume qui descend la chute américaine est à peu près de sept pour cent du tout (*Voir* chapitres II et III). La proportion de la décharge à la bordure rocheuse, qui détermine l'écoulement de l'eau par les rapides d'en haut donne au Canada 75 à 80 p.c. de la décharge totale de la rivière (*Voir* chapitre XXI).

Le retrait des chutes entre 1842 et 1905 a été de 285 pieds au centre de sa partie culminante, soit un retrait moyen pour la largeur totale de la gorge de 265 pieds. Il s'en est écroulé durant cette époque près de sept acres et trois quarts d'acre du plancher rocheux des rapides d'en haut. Le retrait s'est produit par un recul central rapide dont l'arrêt a été suivi par un prompt élargissement latéral. C'est pourquoi durant trente années, il

ne paraît pas y avoir eu de retrait central appréciable. On a calculé que le retrait moyen a été de 4.2 pieds par année, mais au cours des quinze dernières années, il a été réduit. La découverte de la position réelle des chutes de Hennepin en 1678 montre que le retrait a marché depuis lors sur ce pied. La longueur des chutes canadiennes était de 2950 pieds en 1900, mais sur ce chiffre, 415 ont été pris par la réduction sur le côté canadien. Le retrait des chutes américaines marche sur le pied de 0.60 pied par année (*Voir* chapitre III). La longueur, y compris l'île Luna est de 1,000 pieds à peu près.

La hauteur des chutes du Niagara du côté canadien est de 158 pieds et 175 pieds au centre. La déclivité de la bordure de la cascade Greens ou Première Cascade jusqu'au bord, est de cinquante-cinq pieds après que la rivière a déjà descendu quatorze pieds du lac Erié. La hauteur de la bordure qui traverse la rivière jusqu'à la marmite du dessous est de 212 pieds. C'est là la grosse charge d'eau origine de la force hydraulique de ces compagnies qui prennent leur eau en amont des rapides d'en haut, mais pour celles qui sont en aval, elle n'est que de 160 pieds. Ce trait est le plus intéressant quant aux effets sur les chutes ou aux résultats qui peuvent provenir du détournement de l'eau par les compagnies d'énergie, et à la quantité relative d'eau employée. Pour les autres traits et pour la pente de la rivière (*Voir* chapitre IV). La déclivité totale de la rivière de lac à lac est de 326.58 pieds (moyenne des fluctuations, de 1891 à 1905).

Les nouveaux sondages au large de la tablette de l'île Goat à 192 pieds atteignent quatre-vingt-douze pieds plus bas que le niveau du lac Ontario. On trouve cette profondeur à la tête des rapides du Whirlpool, un mille et demi en aval, mais sous les chutes, la profondeur n'est que de soixante-douze pieds (jusqu'aux roches éboulées) avec au delà une tablette à quatre-vingt-quatre pieds ou un peu plus. Au pont Cantilever la profondeur est de quatre-vingt-cinq pieds, mais le chenal est

recomblé jusqu'à une profondeur additionnelle d'une centaine de pieds. Au Whirlpool qui est à cinquante-deux pieds en aval de la tête des rapides on a trouvé que la profondeur avant d'atteindre le milieu de la rivière est de 126 pieds ou à peu près quatorze pieds de moins que dans la rivière en amont. En aval du Whirlpool, elle est beaucoup moindre, comme c'est aussi le cas en aval de la platière Foster. Mais près de l'extrémité du cañon une cataracte noyée a été mise à jour là où la rivière dans la gorge s'approfondit rapidement de cinquante-trois pieds à presque 150 pieds en dessous du niveau du lac Ontario. On a trouvé à un tiers de mille au delà de la bouche de la Gorge que le chenal étroit mesure jusqu'à 183 pieds, bien qu'il ait été généralement réduit par l'envasement à une moindre profondeur (*Voir* chapitre V).

La structure rocheuse et la puissance d'excavation des chutes du Niagara one été traitées au chapitre VII et les caractéristiques de la Gorge relatives au retrait des chutes sont décrites dans deux chapitres suivants, les berges originales et le lit de la rivière Niagara sont décrites au chapitre IX.

Le chenal enseveli Whirlpool-St. David part du Whirlpool et va au bord de l'escarpement à un demi-mille à peu près au delà, et l'on a pensé par erreur que c'était l'ancien cours de la rivière Niagara. L'ancien cañon a été exploré maintenant au moyen des forages, dont le plus profond atteint 269 pieds, c'est-à-dire un niveau un peu supérieur à celui du Whirlpool. Les opérations ont été arrêtées en cet endroit en raison des frais qui s'élevaient très haut, mais nous connaissons d'une façon générale les effets de la vallée ensevelie sur la rivière. A sa plus grande profondeur elle a donné naissance au Whirlpool, mais pas à la Gorge qui est en amont comme cela aurait pu être le cas. C'était un des points les plus importants à établir au moyen du levé actuel, car on ne connaissait pas bien les effets qu'elle avait produits dans le retrait des chutes. L'origine de l'ancien cours d'eau qui au Whirlpool a commencé à former

une gorge était à une courte distance seulement du pont du chemin de fer—à l'arête Lyell. Le chenal maintenant enseveli n'a jamais égoutté le bassin de l'Erié ni d'aucun des anciens ruisseaux en amont des rapides d'en haut. Mais, auprès du Whirlpool il a donné naissance à la vallée comblée plus tard par des matériaux de transport qui ont été promptement recreusés quand les chutes eurent reculé jusqu'à son débouché. Quelques traits curieux ont été constatés dans les forages, comme un trou d'aération à une profondeur de 226 pieds et l'existence d'une bille d'épinette blanche à une profondeur de 186 pieds, ensevelie là, il y a longtemps, dans la période glaciaire (*Voir* chapitre X et XII).

Ce dernier chapitre traite des rapides Whirlpool. En cet endroit, les anciennes berges de la rivière sont bien conservées, tandis que la gorge elle-même est très resserrée. Là, après la période glaciaire une petite vallée superficielle a détourné la rivière Niagara après que la chute avait retraité au delà du Whirlpool, si bien que la majeure partie de l'eau se trouvait concentrée et a creusé un cañon étroit profond de quelque 400 pieds, qui, sur le recul des chutes en amont de ce point, s'est recomblé; ainsi se sont produits les rapides du Whirlpool qui ont été complétés à une date très récente. La construction de ces rapides a éventuellement abaissé la hauteur des chutes en amont. L'élargissement de la gorge en amont de cet endroit est un trait très notable mais trop technique pour prendre place dans un court résumé.

Le curieux bassin aux Chutes du Niagara a produit son effet sur le retrait. Là, le plancher rocheux est à peu près de 110 pieds plus bas que le lit de la rivière de l'époque préglaciaire qui traverse cette arête. A partir de l'arête de Lyell et en allant vers le sud, la vallée rocheuses partiellement ensevelie se creuse et s'élargit jusqu'aux chutes. Pendant longtemps ce phénomène défiait l'explication. En forant on a constaté qu'elle fait partie d'une vallée prenant naissance dans

l'arête Lyell et grandissant dans la direction du sud. Aux chutes elles est à plus de 60 pieds au-dessous du niveau du lac Erié et on l'a suivie au moyen de forages plus au sud-ouest (*Voir* chapitre XII). Cette explication demandait comme corrollaire la découverte d'un débouché profond du bassin Erié. Celui-ci a été découvert subséquemment au moyen d'une investigation complète des traits visibles et cachés. Il est décrit au chapitre XXXVII.

On trouve maintenant que le bassin des chutes fait partie d'une vallée sans profondeur se prolongeant à quelques milles pour rejoindre l'ancienne décharge du bassin Erié dont tous les traits sont profondément couverts de matériaux de transport. Ceci explique l'existence des rapides d'en haut, où maintenant la rivière Niagara suit le bras gauche d'une vallée qui autrement est ensevelie. Cette vallée a beaucoup d'importance pour le retrait des chutes. Là, la rivière détourne son cours presque perpendiculairement obligeant les chutes pour retraiter à escalader, pour ainsi dire, l'ancienne berge latérale d'une vallée, si bien que les formations rocheuses dures deviennent plus épaisses, tandis que les lits inférieurs plus tendres se cachent, ce qui tend à réduire la marche du retrait. L'investigation du bassin dans le plancher rocheux a mis à jour la vallée Falls-Chippawa. Dans le voisinage des chutes, elle est couverte par une centaine de pieds au moins de matériaux de transport qui ont été exploités par places au moyen de forages, si bien que l'on constate que le plancher rocheux sous le manteau s'abaisse partout vers le sud-ouest. (*Voir* chapitre XIII.)

La platière Foster commence à deux tiers de mille à peu près en aval du Whirlpool et se prolonge à une égale distance. C'est un des endroits les plus beaux et les plus sauvages de l'est de l'Amérique. Il y a là une série de terrasses de la plus haute importance pour l'étude du recul. Ce sont des planchers de la rivière Niagara, montrant que, jusqu'au jour où les chutes ont atteint ce point, à peu près à trois milles de la bouche de

la gorge, il a existé trois cataractes, l'une en avantde l'autre, ayant chacune 120 pieds de hauteur. On trouve aussi que la seconde, qui a rejoint celle d'amont s'est unie à elle. A cette époque le deuxième chenal était encore très élevé au-dessus du fond actuel de la rivière. Plus bas, en descendant la gorge se trouvait la troisième cataracte. On peut dire que cette cataracte mesurait à un moment 300 pieds de hauteur et s'est abaissée par le recul subséquent des eaux du lac Ontario dans la gorge. La plus basse cataracte est restée longtemps en existence après que les cataractes d'amont réunies eurent dépassé cette section du cañon, mais plus tard elle se joignit à elles pour ne former qu'une seule cataracte du Niagara à partir du moment où elles atteignirent le Whirlpool. Cette histoire complexe de la rivière Niagara est amplement enregistrée à Foster flats, qui est une place merveilleuse. Jusqu'à dernièrement les eaux de l'Erié se déversaient seules par la rivière Niagara. C'est immédiatement après que les chutes eurent passé la tête des Foster Flats que le drainage du lac Huron s'épancha dans le bassin Erié et, du même coup, le retrait s'accentua. Les traits sont décrits au chapitre XIV et sont signalés ailleurs.

Les terrasses à l'embouchure du cañon, sur les flancs de l'escarpement donnent des preuves de l'abaissement des eaux dans le bassin Ontario et, au moyen des accidents du ravin Smeaton et de Foster Flats, et des sondages de la rivière, on peut déterminer la hauteur des chutes Niagara à différentes époques de son histoire primitive (chapitre XV).

Les traits glaciaires de la région sont décrits au chapitre XVI.

Les phénomènes météorologiques avaient besoin d'être étudiés pour plusieurs objets, spécialement au sujet des fluctuations de niveau des lacs et du débit du bassin Erié comparé avec le volume total de la rivière Niagara, car dans quelques cas la pluviosité ne paraissait pas concorder avec les stages

de l'eau dans les lacs. En un mot, c'était des éléments nécessaires pour étudier le problème de l'abaissement des lacs (chapitres XVII à XIX). Après 1890, il y a eu diminution de la pluviosité, mais depuis 1900 la moyenne a augmenté légèrement et a fait monter les lacs. Mais ceci est trop compliqué pour être briévement résumé ici.

Les fluctuations des niveaux lacustres ont été une des études les plus importantes. Les niveaux sont tirés des notes tenues journellement aux diverses stations depuis 1855-1860. Les chiffres varient d'année en année, aussi bien que de mois en mois, si bien qu'on a pris un groupe d'années pour avoir une moyenne équitable. Depuis 1890, tous les lacs, sauf le lac Supérieur, ont été beaucoup plus bas qu'au début des observations. Il ressort de ces investigations, avec celles des conditions météorologiques, que les débouchés des lacs se sont abaissés (chapitre XVIII et XIX), mais que dernièrement, l'abaissement a été légèrement rendu moins sensible par l'accroissement de pluviosité. L'état le plus exact de l'élévation au-dessus de la mer est la moyenne des quinze dernières années (1891-1905) et non celui de toute la période des mesurages qui couvre environ un demi-siècle, bien que les fluctuations annuelles moyennes et les débits soient transcrits sans y appliquer les corrections désirables sauf quand on s'en occupe particulièrement. L'abaissement des lacs Erié et Ontario a été d'à peu près un pied et celui du lac Huron d'à peu près un pied et deux tiers. Le lac Supérieur s'est élevé à cause de l'accroissement de pluviosité. L'abaissement des débouchés est permanent, quand bien même l'accroissement de pluviosité dissimulerait ce phénomène plus tard davantage que maintenant.

L'abaissement des débouchés dérange les calculs du débit des rivières, et sont cause que les débits sont trop forts et produisent des conditions anormales qui n'ont pas été comprises jusqu'à la découverte récente de cette particularité qui par compensation permet de ramener l'harmonie. Nous

pouvons donc prendre soit le débit moyen pour quinze années (1891-1905) ou celui de toute la période en faisant la correction. Dans le premier cas elle réduit le débit donné par les ingénieurs des Etats-Unis de 15,000 pieds cubes à peu près par seconde pour le Niagara, ce qui fait à environ 219,000 à 240,000 pieds cubes par seconde. D'autres chiffres donnés qui nécessitent correction sont 222,000 et 215,000 pieds cubes. Une correction relativement plus considérable est nécessaire pour le lac Huron. Il a fallu établir le débit relatif du bassin Erié comparé à celui des quatre lacs d'en haut. Les résultats provenant de la pluviosité des bassins, de leur superficie d'égouttement et le débit des quinze années coïncident étroitement, mais étaient en désaccord complet avec le débit moyen déjà indiqué jusqu'à ce qu'on eût tenu compte de l'abaissement des débouchés. Finalement j'ai découvert que le débit de l'Erié est quinze pour cent du volume total de la rivière Niagara. C'était le coefficient cherché depuis longtemps en raison de sa portée sur la solution de l'âge des chutes du Niagara.

Un autre résultat des investigations des fluctuations du lac est l'établissement de la stabilité présente de la croûte terrestre dans la région lacustre durant les cinquante dernières années pendant lesquelles on supposait toujours qu'elle s'élevait (chapitre XXXI).

Le débit des différentes rivières est donné ainsi que leur relation avec les fluctuations du lac qui est considérable. Ainsi, le 7 octobre 1858, le volume corrigé du Niagara était de 292,000 pieds cubes par seconde, tandis que le 28 février 1902, il est tombé à 158,500 pieds cubes—la moyenne de ce mois étant 175,000 pieds cubes (chapitre XX).

Le débit moven de 204,000 pieds cubes donne un pouvoir en chevaux au-dessus des rapides d'en haut de 4,900,000. En février 1902, il était descendu à 4,200,000 chevaux quand l'eau était basse ou pour le jour le plus bas, à 3,800,000. Mais cela ne représente pas l'énergie disponible, car deux des com-

pagnies de force motrice prennent leur eau presque cinquante pieds plus bas que la chute. Et puis, il y a beaucoup de pertes dans l'application, ce qui empêche d'employer toute l'énergie et réduit la quantité de 30 ou 35 p.c. Conséquemment, le débit d'eau basse disponible est réduit à 2,600,000 chevaux de force, car cette quantité seulement peut entrer en ligne de compte pour l'énergie.

Soixante-quinze pour cent de l'énergie se trouve du côté canadien de la ligne frontière. Mais ceci se modifie suivant la place où cette énergie est prise. Ainsi l'énergie captée en amont de la Première cascade fait sentir son influence des deux côtés de la rivière et influe aussi sur l'écoulement des chutes quant à la conservation et au dépouillement. L'eau prise plus bas que la bordure influe presque exclusivement sur le côté canadien, et à partir de cet empiètement son influence sur la rivière s'exerce surtout où l'eau est la plus profonde, ce qui cause le moins de tort. Comme la bordure de la cascade Greens ou la Première n'est couverte que d'une mince couche d'eau, le détournement de l'énergie presentement concédée modifiera considérablement le côté est des chutes. De fait, si la quantité totale était utilisée, cela n'assécherait pas seulement 800 pieds du côté est des chutes canadiennes mais environ deux cents pieds du côté ouest, si bien que les chutes verraient leur largeur réduite de presque 300 pieds (en 1900) à 1,500 ou 1,600 pieds. Cela réduircut encore les chutes américaines, de 1,000 pieds y compris l'île Luna à quelques cours d'eau sans liaison. L'utilisation totale n'est pas à prévoir pour le moment, mais l'eau prise a déjà réduit la nappe d'eau sur la tablette Goat Island au point qu'il semble pour un avenir prochain que le resserrement de l'eau laissera subsister seulement cette portion des plus grandes chutes situées dans le domaine canadien. Cela compliquera la question de l'emploi de l'eau.

Une autre question excessivement importante provenant du détournement de l'eau en amont de la cascade Greens ou

Première est l'abaissement des lacs d'en haut. Vingt à vingcin pour cent du débit sera pris du bassin de la rivière en amont de la Première cascade—cela abaissera la rivière de 3.2 à 4 pieds, suivant la moyenne de l'eau basse ou l'étiage, bien que d'abord l'abaissement de la rivière là soit partiellement amoindri par la plus grande force du courant venant d'amont. L'augmentation de l'écoulement signifie éventuellement un abaissement des lacs, car l'écoulement sera un excédent de pluie. Cette condition continuera jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli avec les lacs ayant un niveau plus bas. Le terme les lacs est employé parce que, sur la réduction du lac Erié, les mêmes effets influeront sur les lacs Huron et Michigan. Même avec l'abaissement de deux pieds du niveau moyen des lacs et il peut atteindre trois ou quatre pieds, les effets sur la navigation dans les ports et les canaux sont sûrs d'être sérieux.

Ce trait n'a pas encore été pris en considération, à ma connaissance, sauf pour être écarté comme insignifiant parce que la prise de l'eau est en dessous de la décharge du lac. Cette ignorance provient de n'avoir pas étudié la science du Niagara. Le détournement de 125,000 chevaux d'énergie en amont du rebord influera sur les lacs d'en haut, plus que l'emploi d'un excès de 5,000 pieds cubes à Chicago. Mais l'augmentation de la vélocité du débit en quittant le lac Erié n'abaissera pas seulement l'eau du lac pour rétablir l'équilibre mais produira aussi un excès de raclage du fond argileux et rocheux là où le courant coule à cinq milles à l'heure et ainsi réduira permanemment le niveau du lac comme cela s'est produit. Celle réduction est allée jusqu'à un pied depuis 1890. (*Voir* chapitres XIX à XXI.)

Les lignes de rivage soulevées et penchées, montrant les mouvements récents dans la croûte terrestre et les anciens niveaux lacustres sont décrites dans les chapitres XXII et plus loin. Quant à ce qui concerne le lac Erié dans l'époque post-glaciaire, sa superficie était seulement un dixième de ce

qu'elle est actuellement, mais comme le terrain s'élevait plus vite au Niagara, que plus à l'ouest, le lac s'est étendu. Quand les eaux du lac Ontario se sont abaissées, la rive du lac était à deux milles à peu près de la sortie de la gorge, puis le chenal s'est creusé à une profondeur de 180 pieds à peu près plus bas que le niveau actuel. Plus tard, par suite du redressement, les eaux du lac Ontario ont reculé et noyé la partie inférieure du Niagara et réduit en toutes ses parties la hauteur totale des chutes de 500 pieds, pour l'amener à la déclivité actuelle de la rivière qui est de 326 pieds.

Le drainage Huron se dirigeait vers le nord-est, aboutissant finalement au lac Nipissing et à l'Ottawa. Ce qui est maintenant le lac St. Clair devint les eaux supérieures du lac Huron s'égouttant vers le nord, comme l'indiquent les chenaux noyés au fond de ce lac. Mais le redressement du bassin détourna les eaux dans l'égouttement de l'Erié et augmenta le Niagara de 15 à 100 p.c. Comme ce furent les derniers changements, il y a à peu près 3,500 ans, l'absence de gauchissement, au cours des cinquante dernières années, devient plus frappant. A l'époque où les eaux de l'Erié descendaient seules le Niagara, le St-Laurent était petit, comme le prouve la découverte récente qu'on y a faite de plus petits chenaux internes. Dans le phénomène de redressement qui a amené la décharge du Huron vers le sud un peu d'eau a débordé par Chicago pour tomber dans l'égouttement du Mississippi, mais l'abaissement de la barrière du Huron au sud a finalement amené au Niagara l'entier détournement de cette décharge.

Ayant étudié et analysé les facteurs qui ont influé sur le retrait des chutes du Niagara, j'ai déterminé les changements dans le volume du débit, dans la hauteur des chutes, la nature des berges originales de la rivière et la variation des traits des roches et des surfaces rocheuses et de puissance érosive efficace des chutes. Puis, après avoir trouvé la nature des Première et Deuxième cataractes, spécialement, j'ai pu donner l'histoire du

retrait des Grandes Chutes et déterminer leur âge approximatif.

Primitivement les Chutes n'avaient que trente-cinq pieds de hauteur avec un volume de 15 p.c. de ce qu'il est actuellement, tombant directement dans le lac Ontario. Elles ont retraité sur une faible distance seulement avant que leur hauteur augmentâit, mais si l'on se base sur le retrait proportionnel ces conditions ont duré 3,200 années. Les Chutes étaient alors séparées en deux cataractes; la seconde grandissant en hauteur, elles ont reculé jusqu'aux Foster Flats où leur union s'est produite en un endroit très bien marqué. C'est grâce à la chute supérieure de ces deux cataractes que j'ai pu faire la détermination du temps requis pour le recul. Si l'on n'avait pu se procurer cette preuve, la difficulté aurait été insurmontable. On a trouvé que le temps requis pour le recul des doubles chutes jusqu'à la pointe Wilson (en plus des 3,200 années déjà citées), a été de 31,600 années et 700 ans ensuite jusqu'à la tête des Foster Fats, la distance totale étant presque de trois milles. Ceci était la longueur de la gorge creusée durant l'époque Erié. A partir de là le recul a été très rapide, avec des modifications, mais a pris environ 3,500 années, si bien que l'âge des Chutes du Niagara peut être évalué à 36,000 ans à peu près. Il peut y avoir de légères variantes dans un sens ou un autre, mais, suivant les conditions maintenant connues ou apparentes, l'erreur de calcul ne dépassera pas dix pour cent.

Un aperçu de la topographie pré-glaciaire a été ajouté bien qu'il eût peut-être dû précéder l'ordre du travail sur le retrait total des chutes. Durant le levé, l'exploration des chenaux ensevelis a jeté une telle lumière sur le Niagara que ceux qui ont trait au débouché du lac Erié présentent un intérêt particulier et forment un chapitre distinct, qui est ajouté au travail comme aussi un autre décrivant les traits au moyen desquels on a découvert l'origine des bassins des Grands Lacs. La

vallée Falls-Chippawa a necéssité la recherche de ce qu'on a appelé la découverte de la vallée Erigan et du cañon, quelques milles à l'ouest. Le cañon a été mis au jour dans les explorations des "Short hills" où des portions découpent l'escarpement du Niagara et se voient dans de profonds ravins, au sud il n'y a pas de traces d'un ancien débouché de ce genre pour le bassin Erié sur la surface du pays plat à quelques pieds seulement au-dessus du niveau du lac Erié. Mais on a obtenu des notes de forages de puits allant jusqu'aux lacs et ils ont une portée économique dans la question d'approvisionnement de l'eau et de captage de gaz naturel. Ces problèmes nécessitent des études plus amples que la limitation du levé n'a pas permises. Cependant on a découvert une grande vallée ensevelie avec des détails auxquels on ne pouvait pas s'attendre. Ainsi on a trouvé non seulement un chenal assez profond pour égoutter le bassin Erié actuel, mais aussi plusieurs de ses affluents. Ceci complète la preuve la plus importante dans l'étude de l'ancien bassin de l'Erié, qui recevait autrefois même l'égouttement du Haut Ohio. L'histoire de ces investigations a nécessité beaucoup d'années d'étude et embrasse beaucoup de travail sur l'origine des bassins des lacs qui enfin est assez bien connue. *Voir* chapitres XXXV à XXXVII.

CHAPITRE II

LIGNE FRONTIÈRE INTERNATIONALE AUX CHUTES DU NIAGARA

Ligne frontière localisée par la Commission de 1819
Croissant des Grandes Chutes, du côté canadien de cette ligne
Premier levé du retrait des chutes
Le chenal intérieur le plus profond près de la tablette de Goat Island

LIGNE FRONTIÈRE LOCALISÉE PAR LA COMMISSION DE 1819

L'emploi des termes "Chutes canadiennes" et "Chutes américaines" date de l'occupation du pays et ils ont été adoptés par les auteurs dès la première partie du dix-neuvième siècle, par exemple par Bakewell, Hall et autres, mais ils n'avaient pas alors d'autre signification qu'un mode facile de distinguer les deux grandes cataractes. De fait ces grands phénomènes naturels devraient être étudiés en dehors de toute limitation politique.

Sur presque toutes les cartes où la ligne frontière est indiquée, même dans les documents officiels son emplacement est erroné. La carte distribuée par l'United States Department à l'usage du Bureau des Phares, qui est une copie photographique de la carte de Commission du Levé de la frontière, fait seule exception. La ligne internationale sur la carte récente du minsitère de l'Intérieur du Canada est localisée aussi exactement que possible sur une carte à une aussi petite échelle. Jusqu'à préesnt, la position de la frontière n'avait pas grande importance, car elle était absolument inapprochable et très peu de personnes même s'occupaient de savoir où elle était. Plus tard la question s'est soulevée au sujet d'un autre levé des

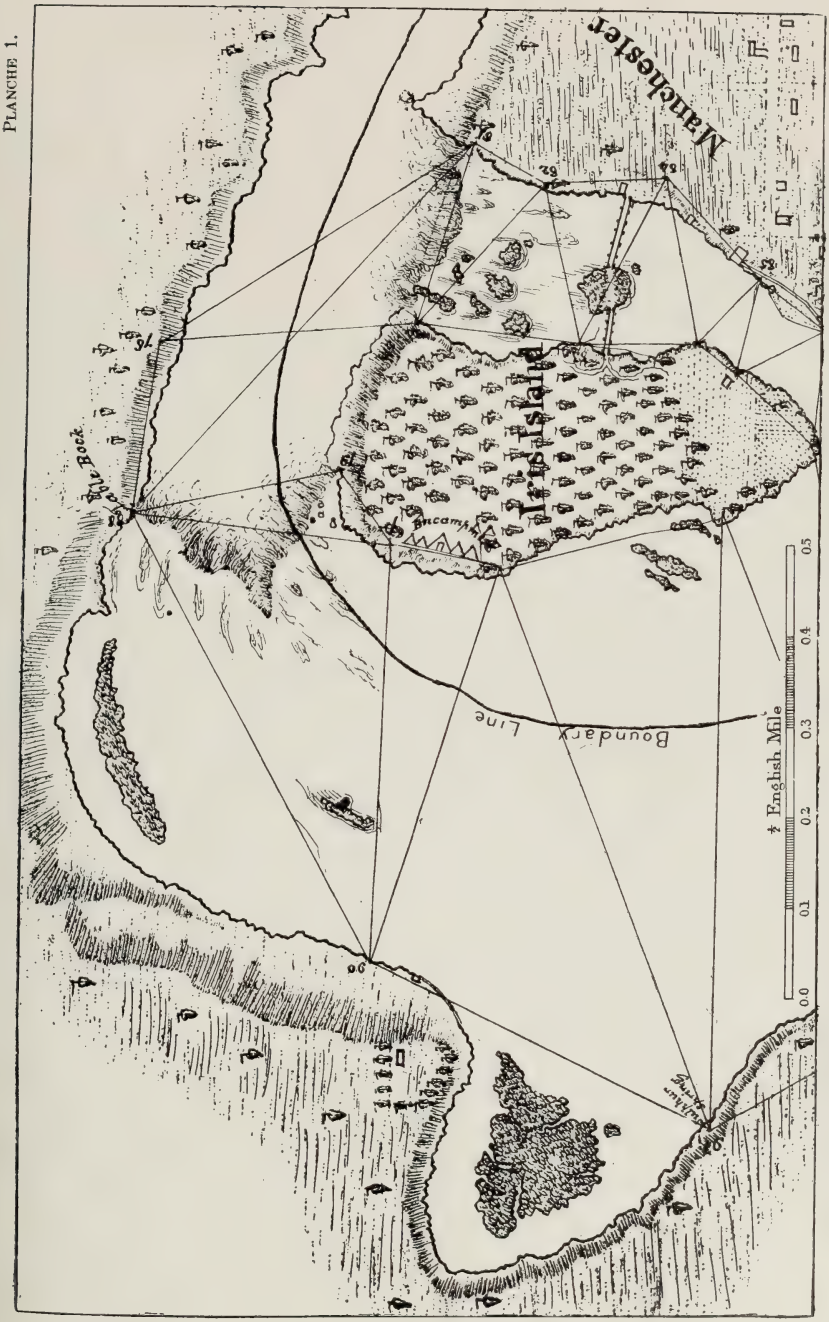
chutes (page 31) et alors il a bien fallu s'entendre nettement. Une question internationale peut surgir, car la rivière est navigable en aval des chutes et le retrait de l'eau de la terrasse de Goat Island par l'œuvre des compagnies d'énergie entraînerait la nécessité de savoir bien exactement l'emplacement de la ligne frontière. Un article vient de paraître sous le titre "Les Chutes du Niagara déja ruinées" (1) où l'auteur, M. Alton D. Adams, prêche le salut des Chutes américaines en invoquant le creusage du chenal jusqu'à la frontière internationale. Mais pour couvrir les frais, il conseille une nouvelle abstraction de l'eau des Chutes canadiennes s'élevant jusqu'à un tiers du volume total de la rivière. L'aspect scientifique de la proposition découle de cette étude—dont l'exécution retombe sous la juridiction du Département d'État. La ligne frontière a été établie par la Commission internationale en 1819.

En vertu du traité de Gand, la ligne frontière est tirée au travers du milieu du lac Ontario "jusqu'à ce qu'elle atteigne la communication par eau entre ce lac et le lac Erié, puis longe le milieu de la dite communication entre le lac Erié en passant par le milieu du dit lac," etc., et le traité prescrivait le renvoi à des commissaires pour décider quelles îles devaient appartenir à chaque parti. Leur décision devait être finale. La commission a adopté des règles dont l'une était de suivre le chenal plus profond et de payer compensation pour les îles accordées à l'un ou à l'autre parti. C'est en guise de compensation que la ligne frontière à été localisée près de Goat Island et Grand Island, donnant seulement l'eau équivalente au Canada. A moins qu'il y eût d'autres concessions, il n'y avait pas lieu à compensation pour tracer la ligne frontière près de Goat Island et de Grand Island, car le milieu de la rivière (en vertu du traité) aurait divisé Grand Island presqu'également, tandis qu'un coin de Goat Island et même plus de la rivière aurait échu au Canada.

---

1 The Technical World Magazine, p.p. 115-124, 1905.

PLANCHE 1.



Carte Frontière internationale, aux environs des Chutes du Niagara. Photographiée sur l'exemplaire original signé et à la même échelle.

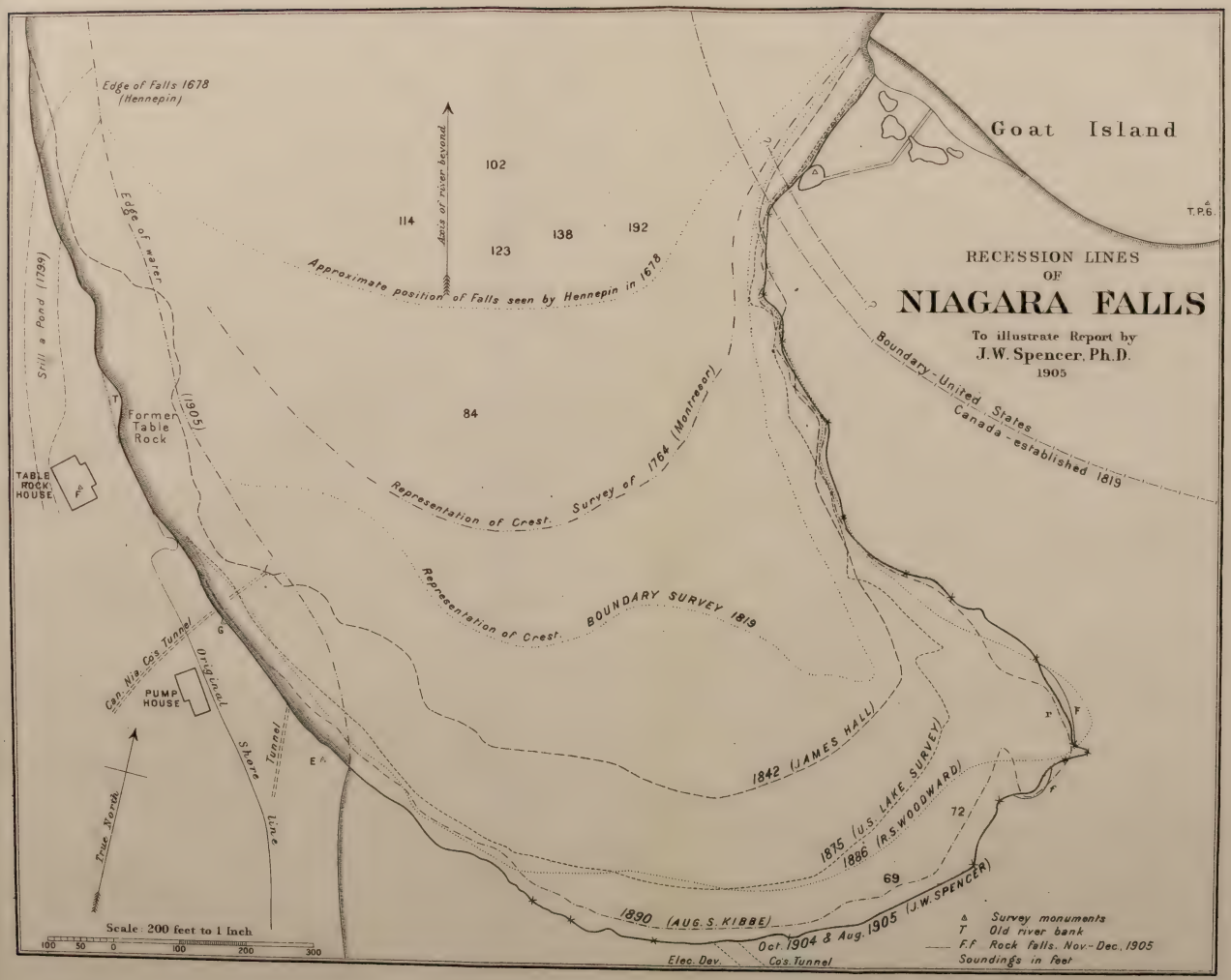
La carte frontière reproduite ici est signée par Peter B. Porter et Anth. Barclay, commissaires, et William A. Bird et David Thompson, arpenteurs. Elle est datée de 1819. La présente copie est à la même échelle que l'exemplaire original, conservé à la bibliothèque du Département d'Etat à Washington, auquel j'ai pu avoir accès pour la photographier, grâce à l'amabilité de M. William McNair, bibliothécaire en chef.

Le croquis de la crête des Chutes en 1819 était approximatif seulement, mais la position établie de la ligne frontière dans ses rapports avec la rive de Goat Island a été transcrite sur la carte du retrait (planche II) pour qu'on comprenne bien sa portée sur la crête actuelle des chutes.

CROISSANT DES GRANDES CHUTES, DU COTÉ CANADIEN DE LA LIGNE

A l'extrémité de la tablette Goat Island, la ligne frontière est écartée de 235 à 260 pieds de l'île. En face du sommet des chutes elle est à 300 pieds à peu près de la rive de Goat Island, tandis que le sommet est à 400 pieds en dedans du côté canadien de la ligne. Après avoir contourné presque parallèlement la rive sud-ouest de Goat Island, elle s'infléchit du côté de New-York, en amont de Goat Island, puis rentre entre Navy Island et Grand Island. Elle presse de près la rive de Grand Island dont elle n'est qu'à 200 pieds tandis que la berge canadienne est à 1,200, 2,300 pieds en dedans de la ligne frontière. Le placement de la ligne frontière a donné la totalité du chenal oriental, les chutes américaines et l'île Goat, à l'Etat de New-York, mais seulement 235 à 300 pieds de la rivière aux Chutes. Cela a rejeté le croissant des Chutes canadiennes dans la frontière territoriale du Canada.

Geological Survey of Canada
A. P. LOW, B.Sc., DIRECTOR.
1907



Second Edition.
Corrected Dec. 1906.

Nº 967

PREMIER LEVÉ CANADIEN DU RETRAIT DES CHUTES DU NIAGARA

Comme la ligne frontière place la crête des chutes, où le retrait se produit le plus rapidement, dans la juridiction canadienne, la préservation des Chutes du Niagara devient un devoir spécial du peuple canadien. Quatre levés précédents ont été faits pour constater la quantité de retrait des Chutes, mais le levé actuel fait en octobre 1905 est le premier fait sous les ordres du Canada. Même, si l'opinion populaire voulant que la ligne frontière suive le chenal le plus profond avait été exacte à cet égard, alors, en aval des chutes, la ligne aurait dû être près de l'île Goat comme le montrent les sondages profonds de 192 pieds (*voir* carte).

Ce n'était pas trop tôt de faire ce levé car le détournement de l'eau est déjà commencé et s'augmentera beaucoup prochainement. Il se produira alors des différences marquées dans les changements naturels de la cataracte. Les effets des changements artificiels commencent seulement maintenant à s'apprécier. La tablette de l'île Goat perd déjà maintenant l'eau de sa surface (*Voir* chapitre XXI).

En bas de la berge de l'île Goat, à l'angle de la tablette, il y a une surface rocheuse plate couverte de buissons montrant que la lisière est de trente à cinquante pieds au-dessus du bord actuel de la rivière. Ceci serait en majorité inondé, si la rivière avait là deux pieds de plus qu'autrefois, car la lisière intérieure était la vraie berge de la rivière. Du côté canadien, Table Rock s'est écroulé et n'a laissé que des fragments des terrasses, comme en T, sur la carte, planche II, et en quelques autres endroits, pour établir les vieilles lignes de rivage, maintenant encore plus effacées par le barrage qui raccourcit les chutes. Sur la carte de retrait préliminaire l'extrémité de la ligne frontière est placée à trente pieds trop à l'ouest, mais en la mesurant de la berge naturelle, elle devrait être de trente à cinquante pieds plus près de l'île Goat, comme le montre la deuxième édition de la carte de retrait, Planche II.

CHAPITRE III

NOUVEAUX MESURAGES DU RETRAIT DES CHUTES DU NIAGARA

Levés des Chutes.

Carte de la rivière Niagara de Montresor (1764); Stegman (1788); Carte de la Frontière Internationale 1819; Hall (1842); Service des lacs des E. U., (1875); Woodward (1886); Kibbe (1890); Spencer (1904–5).

Résultats des levés des Chutes du Niagara.

Marche du retrait et changement de forme.

Retrait des Chutes américaines.

Retrait plus lent des Chutes, maintenant et à l'avenir.

Position des Chutes établie à l'époque du père Hennepin.

LEVÉS DES CHUTES

Carte de Montresor.—Le 5 juin 1764, ordre a été donné au capitaine John Montresor, ingénieur en chef du roi George en Amérique, de procéder au levé immédiat de la rivière Niagara. Dans son journal [1] il écrit: "Ordre reçu de procéder à un levé astronomique à la planchette de Niagara au fort de Little Niagara (c'est-à-dire Fort Schlosser), pour plusieurs travaux qui ont été exécutés depuis mon arrivée." Cette carte est reproduite à la planche III. Il faut remarquer que Fort Erié ne figure pas sur la carte et n'a pas été construit avant la fin de l'été de cette année. La carte est faite d'après une photographie de l'original qui se trouve au British Museum [2] et qui a été procurée grâce à l'amabilité de l'hon. Peter A. Porter de Buffalo. Cette carte, bien que les détails soient inexacts, donne une assez juste représentation de la rivière. Elle est spécialement intéressante en ce qu'elle montre que le sommet arrondi arrive tout près du côté canadien sans la profonde dentelure due maintenant au changement de direction de la gorge.

Carte de Stegman.—Une carte du voisinage des Chutes du Niagara à l'échelle de trois chaînes au pouce a été faite par

1 Rèimprimé dans la publication de la Société Historique de N. Y. de 1881.
2 Le numéro de la carte du British Museum est CXXI., p. 73.

John Stegman (1) et porte la date du 17 janvier 1799. Elle a été faite par levé à la boussole, mais n'est pas aussi exacte qu'elle le devrait. Ceci est bien visible, là où les lignes de rivage intermédiaires sont esquissées mais les points saillants correspondent souvent intimement avec les plus récents. La courbe des chutes Canadiennes est trop large. Mais il y a d'autres points dans la carte précieux pour l'étude du retrait. Voir la carte, de dimension très réduite, planche IV.

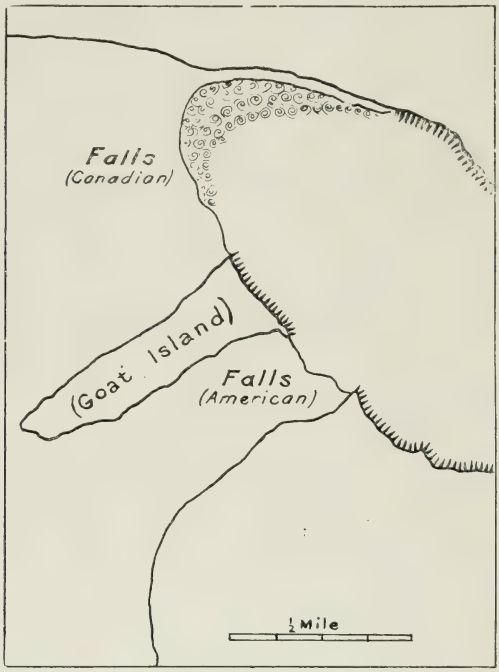


Fig. 1. Carte esquisse des Chutes en 1764 (Montresor)

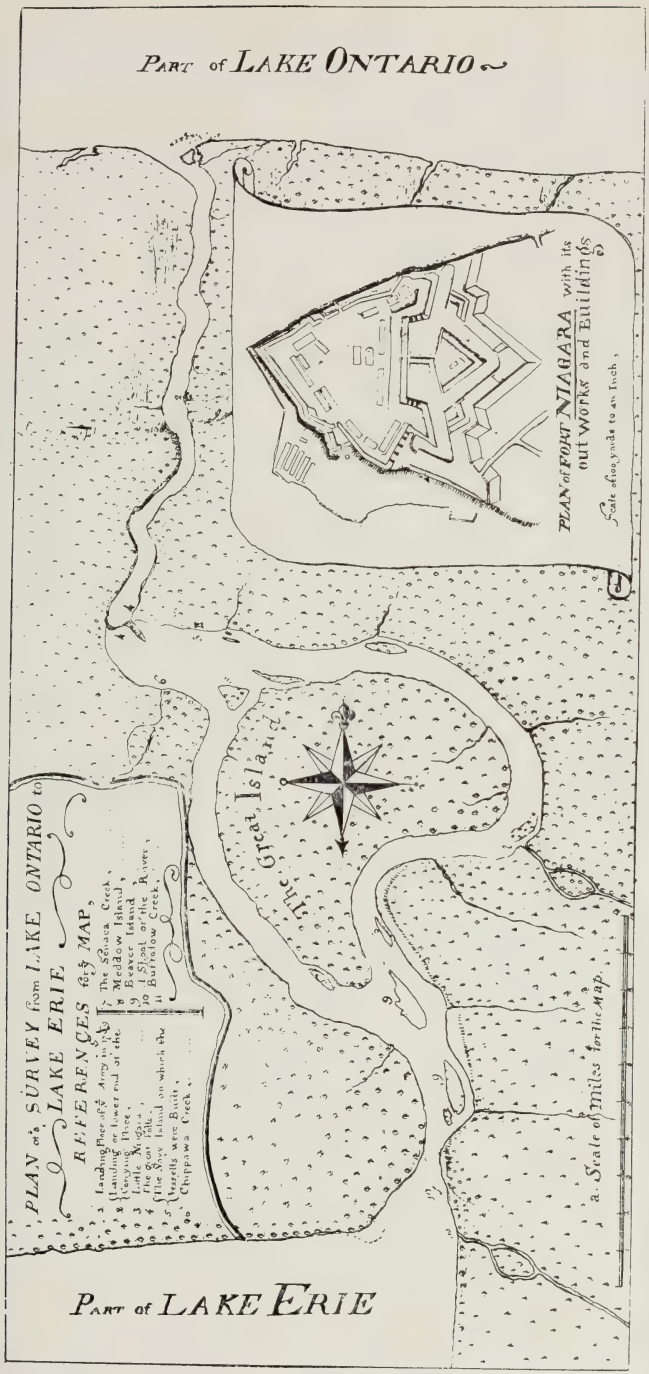
Levé Ellicott, qui passe pour avoir été fait en 1789 à peu près, n'a pas été retrouvé. Mais sa description des chutes (2) écrite cette année est réimprimée dans l'Annexe I. M. Ellicott à cette époque précoce évaluait l'âge des chutes à 55,440 années à peu près (3)

1 "Parc des Chutes du Niagara," Cour d'appel d'Ontario, cartes et plans "B" dans le livre d'Appels 1894. Deux exemplaires seulement destinés a être employés au tribunal ont été imprimés. On peut en voir un à la bibliothèque d'Osgoode Hall et un à la Bibliothèque Publique de Toronto et l'auteur possède une copie. Il y a aussi dans ce volume des cartes de Chewett et d'autres.

2 'Massachussetts Magazine' juillet 1790, p.p. 387-8.

3 'Journal' de William Maclay, Appleton, 1890.

PLANCHE III.



Carte de la rivière du Niagara de Montresor 1764. Levé fait dans l'été de cette année. Le Petit Fort Niagara fut construit en juillet 1764 et le Fort Frié, un peu plus tard dans l'année, mais son nom ne figure pas sur la carte achevée précédemment. Dans la transcription une erreur figure sur la carte relativement à la date du débarquement de l'armée qui devrait être 1759 et non 1769.

Carte du Levé de la Frontière Internationale de 1819.—Sur cette carte la ligne de crête des chutes a été reportée sur la carte, planche II. On a eu du mal à localiser la position des deux extrémités de la ligne de crête, mais la carte de Stegman nous a beaucoup aidé.

Autres cartes premières.—Le levé de Chewett en 1831, celui de M.M. Burwell, Keating et Hawkin, en 1834, et d'autres nous aident à connaître la détermination précoce des traits des chutes [1].

Dans la carte de Stegman les chutes forment un croissant aplati. En 1819, il y avait un sommet très pointu contrastant avec la forme aplatie du levé fait par le professeur James Hall [2].

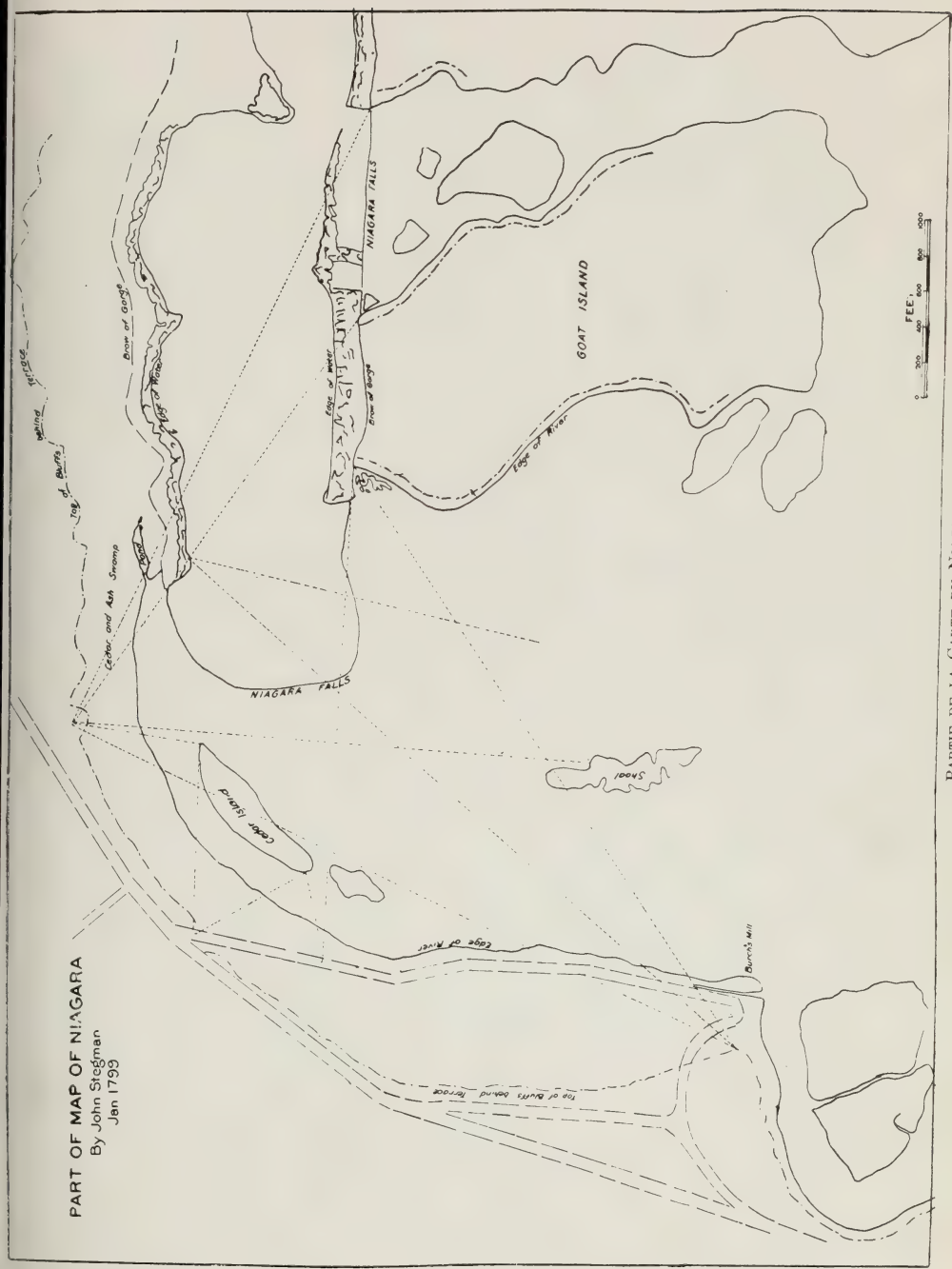
Levé Hall, du Service des Lacs des Etats-Unis, de Woodward, Kibbe et Spencer.

Le premier levé trigonométrique des chutes du Niagara, fait pour établir une base du mesurage du retrait a été celui de Hall, en 1842. Le second mesurage a été fait par le Service des Lacs des Etats-Unis, en 1875 [3]. A cette époque un nouveau cran commençait à se former d'un côté du centre, mais le principal retrait était à la tête et vers le côté occidental. Le troisième levé a été celui du professeur R. S. Woodward, en 1886. Durant ce dernier intervalle, le retrait était faible, là où il avait été auparavant le plus grand. Mais il y avait un fort agrandissement de la cime qui était apparu en 1875. Il ressemblait un peu à la forme de 1819. Le levé de Augustus S. Kibbe [4] de 1890 était le plus détaillé. L'accroissement de la cime de 1886 s'était arrêté. Le grand retrait était du côté occidental comme en 1875, mais il avait pris une forme plus aiguë. Le levé suivant fut commencé par moi en 1904

1 Voir note en bas de la page 22.
2 "Natural History" de l'Etat de N.Y., Vol. 4, 1842 (à l'échelle réduite).
3 Carte du Service des Lacs, Chutes du Niagara, échelle 1 à 10,000, 1875.
4 Septième Rapport de la Com. State Res. Niagara, N.Y., 1891.

CHUTES DU NIAGARA

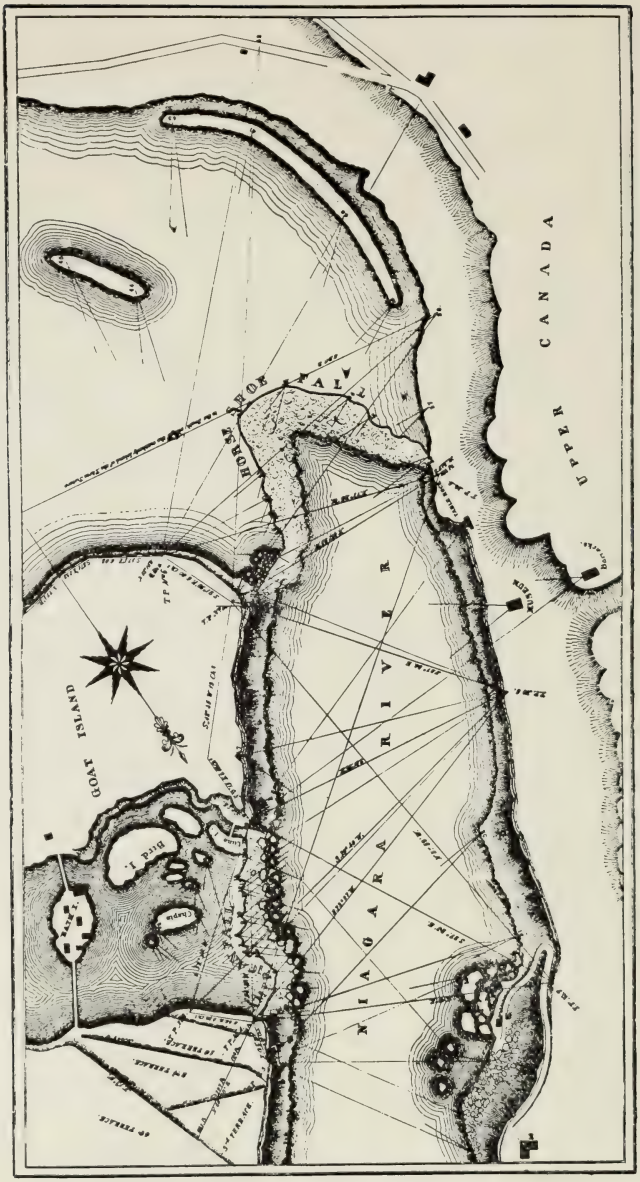
D'après un dessin de Pierie, 1768.



Par John Stegman, Janvier 1799.

PARTIE DE LA CARTE DU NIAGARA

PLANCHE V.



Première carte trigonométrique des Chutes du Niagara par le professeur James Hall, 1842 (échelle réduite).

avec l'assistance de M. J. Goodwin, I.C., et M.M. Hoyle et McPherson, ingénieurs de l'Electrical Development Company. En août et plus tard, en novembre 1905, j'ai repris le levé de la ligne dé crête avec mes assistants; mais, en décembre, il s'est produit une curieuse chute de roche qui est indiquée sur le plan en ligne pointillée. On la voit aussi dans la planche VII [1] qui indique l'effet de l'eau détournée de la tablette de Goat Island. Dans l'annexe II, on trouvera les données ayant trait au levé.

Voilà les cinq levés qui marquent les quatre périodes du mesurage du retrait. Il est bon de signaler qu'un autre levé a été fait. Après que j'eusse fait mon premier levé, en octobre 1904, et après avoir été invité de contribuer aux résultats de la "Commission of the New York Reservation" aux Chutes du Niagara (invitation que j'ai dû refuser), j'ai trouvé à mon retour pour compléter les investigations des chutes en 1905, que le Service Géologique des Etats-Unis avait envoyé un arpenteur pour faire un duplicata de mon levé qui était alors une question purement scientifique. La personne chargée de ce travail avait eu l'occasion de voir mon relevé d'octobre 1904 et plus tard je vis les résultats du sien. Il y avait quelques écarts qui m'ont induit à refaire mon travail en novembre 1905, ce qui a confirmé mes observations antérieures comme l'a fait aussi la photographie de la ligne de crête indiquée dans la planche VI. Cependant ceci est un détail sans importance, car en quelques années tout sera changé.

De scientifique, pour laquelle mon levé avait la priorité, la question devenait internationale, du moment où l'arpenteur localisait la ligne internationale beaucoup plus près du côté canadien qu'elle avait été placée par la commission de la frontière en 1819. Le sommet des chutes est maintenant situé à 400 pieds à peu près à l'ouest de la ligne frontière, ce qui place le croissant en territoire canadien. A part toute question de

1 Photographié le 9 décembre 1903.

frontière, un levé des chutes peut seulement se pratiquer du côté canadien. Mes deux levés d'août et de novembre 1905 sont les derniers réellement faits, tandis que celui d'octobre 1904 arrive juste après celui de Kibbe. On a vu dans la première édition de la carte de retrait, destinée à accompagner le Rapport Sommaire de la Commission géologique du Canada de 1905, qu'il ne s'était pas produit dans l'intervalle de changement ayant une importance.

RÉSULTATS DES LEVÉS DES CHUTES CANADIENNES

La majorité des écrivains ont pris l'aire totale du retrait et l'ont divisée par la longueur entière de la ligne de crête; savoir 2,215 pieds en 1842; 2,950 pieds en 1880; 2,535 pieds en 1905.

Ce dernier raccourcissement des chutes est dû au détournement pour force motrice qui restreint la largeur de la rivière en comblant la berge, si bien que la ligne de crête a été réduite de 415 pieds. Des calculs basés sur le périmètre montrent l'agrandissement de la marmite; mais pour mesurer le retrait de la cataracte, l'aire qui est éboulée devrait toujours être divisée par la largeur de la cataracte qui a produit la gorge.

Juste au nord de la Table Rock House, il y a un fragment d'une terrasse (T sur la planche II) qui marque l'ancienne berge de la rivière. Entre la rive originale de la rivière et la fin des chutes canadiennes à l'île Goat, il y a une coupe naturelle qui a échappé aux changements provenant de l'élargissement de la gorge par l'action de la gelée et à l'affouillement de la falaise. On voit ainsi que la vraie largeur de la rivière mesure presque 1,200 pieds de travers, sans compter la platière rocheuse récemment mise à découvert au bord de l'île Goat. D'un endroit à 600 ou 700 pieds plus bas que la Table Rock House, où l'on peut trouver un fragment de la vieille berge rocheuse, on trouve que la pleine largeur de la gorge qui traverse la

Vue de la ligne de crête des Chutes du Niagara, septembre 1906, prise du monticule temporaire près du puits de l'Electric Development Company.

Vue de la tablette de Goat Island, 9 décembre 1905, montrant (a) le reserrement de l'eau, (b) la tablette récemment mise à découvert auprès du sommet qui brise la déclivité de la cataracte.

Chutes du Niagara.

D'après la gravure d'une peinture de Van der Lyn, 1804.

même tablette de Goat Island est aussi de 1,200 pieds. En conséquence, ce chiffre sera adopté comme la largeur moyenne de l'abime qui est dû au retrait de la cataracte.

MARCHE DU RETRAIT ET DU CHANGEMENT DE FORME

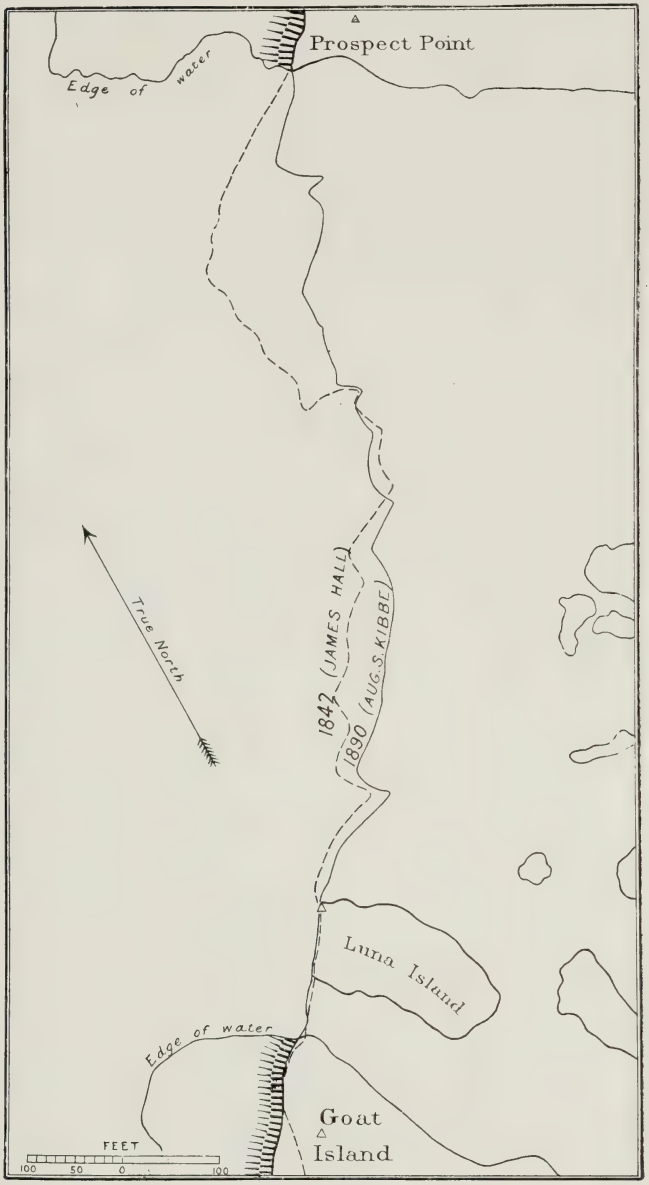
J'ai trouvé que le retrait des chutes canadiennes de 1890 à 1905 est de 39,382 pieds carrés ou presque un acre. Cela représente un retrait de 32.2 pieds, comme il est défini ci-dessus, en quinze années ou 2.2 pieds par année. En même temps, il n'y a virtuellement pas eu de retrait médian; mais les restes de l'ancienne bordure de l'ouest ont disparu. Le commencement du nouveau sommet est dessiné par un court nouveau chenal dans les lits de roche supérieurs en descendant lesquels l'eau s'échappe avant de se briser sur les chutes. La planche VI indique bien cela. Un deuxième chenal commence aussi à faire son apparition mais pas suffisamment pour modifier d'une façon prononcée le dessin de la crête. Depuis que ce qui précède a été observé, les roches sont tombées, si bien qu'en octobre 1906, un élargissement était en progrès qui réduit même la largeur de la tranchée en forme de V.

A côté du sommet, de son côté oriental le mode de retrait amené l'écartement des couches supérieures de calcaire. Ceci est arrivé après les mesurages aux instruments de novembre 1905 mais avant le 9 décembre 1905. En conséquence la cataracte frappe une tablette qui se projette, puis rebondit jusqu'à l'abime en bas. Ceci est indiqué par la planche VII. Le mode de rebondissement était prévu en un point où l'on avait remarqué que les eaux frappent un banc à quarante—ou cinquante pieds en dessous. En octobre 1906, l'étagère saillante paraissait avoir une longueur de 200 pieds au moins. Ces changements paraissent avoir modifié l'écume, l'embrun qui sort de la marmite. Le jaillissement de l'écume est à peine plus haut, si même il est aussi haut, que le niveau

du sommet du mur, tandis qu'auparavant, lorsque les explosions étaient plus fréquentes et envoyaient des colonnes à une grande hauteur. La planche VII montre aussi la réduction du volume d'eau sur la tablette de Goat Island, causée par le détournement d'une partie de l'eau, qui, au moment où le tableau a été pris, équivalait à l'abaissement du lac Erié, de trois quarts de pied. Entre 1875 et 1890, il s'est éboulé 97,785 pieds, ce qui faisait un retrait moyen de 81.44 pieds ou 5.42 pieds par année. La plus forte chute est survenue en janvier 1889 et une autre, en 1882. Il est bon de mentionner que durant ce temps, un grand sommet qui commençait en 1875 s'est completé en 1886, après quoi, il y a eu un élargissement rapide de l'abime. De fait, depuis la date citée, il n'y a pas eu de retrait du sommet le travail s'étant consacré à l'élargissement et au redressement de la ligne de crête. Pour revenir de 1875 à 1842, 180,000 pieds carrés se sont écroulés en amont de la pointe de Table Rock House. Durant cette période, les chutes de roches les plus notables sont survenues à Table Rock en 1846 et en 1850. L'aire ici donnée représente un retrait moyen de 50 pieds ou un retrait annuel de 4.54.

Par suite de la profonde entaille du croissant que montre le levé de 1819, le retrait des Chutes du Niagara après cette date doit avoir été très rapide par suite de la double paroi de la grande carrière naturelle. Ceci se voit par la représentation de la forme de la crête de 1819 sur la carte (planche II), bien qu'elle ne puisse être regardée qu'approximative. Cependant cette forme a par la suite changé après l'eboulement de roche en 1823 qui a emporté un grand amas de la Table Rock qui se prolongeait alors au nord de celle indiquée par Hall en 1842, bien qu'il eût laissé la plate-forme en avant de Table Rock House, saillant de cinquante-huit pieds jusqu'à ce que la roche tombât en 1850. Avant 1823 la Table Rock se prolongeait de quelque 600 à 800 pieds au nord de Table Rock House ou au delà de l'emplacement du chenal de Hennepin,

PLANCHE VIII



Retrait des chutes américaines (Kibbe).

bien qu'il puisse avoir été là aussi large qu'on le savait être ailleurs.

Le levé de 1819 montre une forme plus propice pour le retrait rapide que durant les périodes suivantes, par suite des profondes entailles de la ligne de crête comme celle qu'on voyait en 1886 et qui commence à se répéter dans le sommet en forme de V déjà cité. Les indications des levés de 1764, 1799 et 1831 tout en n'étant pas très sûres montrent que les lignes de crête se sont aplaties.

Entre 1842 et 1904-05 il y a eu une disparition de 317,642 pieds carrés ou presque sept acres et trois quarts, représentant un retrait total de 265 pieds et un maximum de 285 pieds, sans faire entrer en ligne de compte le petit chenal superficiel que l'on voit maintenant; mais ce retrait médian total a été atteint en quarante-quatre années sans aucune addition dans les dix-neuf années suivantes, époque durant laquelle le travail des chutes a été d'arrondir les irrégularités de la ligne de crête. Cela représente un retrait annuel moyen de 4.2 pieds.

RETRAIT DES CHUTES AMÉRICAINES

Le retrait des Chutes du Niagara est déterminé presque entièrement par les chutes canadiennes, car elles ont déjà reculé de 2,400 pieds à peu près depuis qu'elles se sont séparées des chutes américaines au pied de l'île Goat, il y a environ 600 ans. Durant tout ce temps, les chutes américaines ne paraissent pas avoir retraité de plus de 110 pieds, au plus, en plus de l'élargissement inconnu de la gorge par suite de la gelée. En 1819 les levés de la frontière internationale représentaient l'incision de la ligne de crête presque aussi profonde qu'elle est aujourd'hui. Par suite du retrait inférieur de la cataracte américaine comparée à la cataracte américaine, de la faiblesse du retrait indiqué entre les levés du professeur Hall, en 1842, et de M. Kibbe, en 1890, il a fallu refaire le levé à nouveau. (Celui de M. Kibbe est donné à la planche VIII).

Vue des deux Chutes du Niagara du pont à arche.

La largeur totale de cette cataracte en ligne droite, de la pointe Prospect à l'île Luna est de 855 pieds et de l'île Luna à l'île Goat, de soixante pieds. La quantité que M. Kibbe calcule être tombée entre 1843 et 1890 a été seulement de 26,600 pieds carrés, ce qui constitue un retrait moyen de vingt-neuf pieds en quarante-huit ans ou 0.60 de pied par année. On voit là un curieux phénomène (voir carte de Kibbe) en ce que le mur de la gorge paraît avoir reculé plus vite que la tablette en dessous du côté nord du chenal américain, étagère qui fait saillie comme l'indique la planche VIII et le profil de la planche XV.

Ceci fait d'abord supposer que l'action de la gelée, en dessous des chutes est très faible, tandis qu'à un endroit exposé à l'embrun, elle devient exagérée. Mais il y a une autre raison. En 1721, Charlevoix a visité les Chutes du Niagara et signale spécialement plusieurs endroits qui se projettent. La tablette saillante peut être les restes du plancher des chutes avant la séparation de la cataracte canadienne.

RETRAIT DES CHUTES PLUS LENT ACTUELLEMENT ET À L'AVENIR

D'après les mesurages exécutés, on peut voir qu'il y a eu réduction dans le retrait des Chutes du Niagara durant les quinze dernières années, ce qui donne naissance à des problèmes nécessitant des études. La structure rocheuse est variable. Les chenaux de la rivière n'ont pas été étudiés jusqu'à présent. Le débit de la rivière a été réduit dans une certaine mesure artificiellement et dans une faible mesure par suite des conditions météorologiques, il y a eu aussi abaissement des lacs par le rabotage des lits de leurs débouchés. Le cours de la rivière se modifie en raison de la formation rocheuse sous-jacente.

Le mesurage du retrait des Chutes a été la première étape de ces études. Le détournement de l'eau pour obtenir de la force motrice montre déjà un abaissement prononcé des rapides

d'en haut. La grande réduction dans la marche du retrait au cours des quinze dernières années paraît maintenant être due plutôt au changement du cours du chenal retraitant et à la nature des couches sous-jacentes qu'à d'autres causes. Dans un avenir immédiat, beaucoup de force motrice sera mis en opération et si la puissance concédée est entièrement employée le retardement du retrait par cette source doit être très fort. Pour les générations à venir dans 600 ou 1,000 ans, ce retardement peut être avantageux à condition qu'il reste encore des chutes du Niagara. D'un autre côté, leur grandeur ne deviendra plus qu'un souvenir historique, tandis qu'à présent il est contemplé par 600,000 à 1,000,000 de personnes chaque année.

Au point de vue scientifique, il sera impossible à l'avenir de déterminer la marche du retrait dans sa portée sur l'âge passé de la gorge, car un si grand volume d'eau sera détourné des chutes qu'il arrêtera beaucoup le retrait. L'époque actuelle offre la dernière occasion pour faire le mesurage des Chutes du Niagara dans leur état même approximatif actuel.

ÉTABLISSEMENT DE LA POSITION DES CHUTES À L'ÉPOQUE DU PÈRE HENNEPIN

Le père Hennepin a vu les chutes pour la première fois en 1678. Il cite et illustre une cascade transversale (voir planche XLIII, annexe I) du côté ouest de la grande cataracte, sans séparation de roche paraissant à la surface de l'eau. Y a-t-il eu jamais une telle condition et quand, où? Après que j'eusse consigné un reste de la marge inférieure de la rivière demeurant juste au nord de Table Rock House, M. James Wilson qui m'avait rendu un précieux service durant mon travail appela mon attention sur une dépression, comblée depuis, au nord de Table Rock House en arrière de laquelle il n'aurait pas pu exister de chutes latérales. Il avait les profils pris avant les changements dans le parc. Bien que l'on puisse en trouver

Vue montrant le monticu le à droite de Table Rock House et la dépression au delà (représentant une section oblique du chenal des chutes transversales, indiquées par Hennepin en 1678). En arrière de l'usine de force motrice de la Compagnie d'Ontario dans la gorge, juste en aval des chutes.

quelques traits encore, la reconnaissance de la position des chutes est due en commun à ses observations et à mes propres recherches.

Près de Table Rock House, il y a une légère élévation de six ou sept pieds au-dessus de la plus basse couche marginale de la rivière montrée dans la terrasse T, sur la carte II. Elle est bien montrée aussi, planche X (sur la page faisant face à celle-ci). D'après d'anciens profils on a trouvé qu'au nord de ce monticule à Table Rock House, la basse dépression déjà signalée commence à s'élever en un point à 450 pieds au nord de ce bâtiment. A 250 pieds environ de cela on trouve une ancienne berge plus escarpée, quinze ou vingt pieds au-dessus du plancher du chenal Hennepin. Cet endroit, à 450 pieds, était le commencement du bord interne du vieux chenal, dont le cours était presque parallèle aux berges argileuses en arrière; conséquemment, la croupe actuelle de la gorge suit une ligne à angle très aigu avec le cours du chenal abandonné. L'existence de ce chenal est bien démontrée par la carte de Stegman, faite en 1799 (planche IV). Elle montre un étang de 400 pieds, n'ayant nulle part plus de 40 à 50 pieds de largeur, se reliant à son extrémité méridionale avec la rivière, mais bloqué à son extrémité nord.

Cette dépression suit une direction identique à celle qui a èlé drainee plus tard. Comme on sait que 100 pieds de la falaise de Table Rock se sont écroulés depuis l'époque du levé de Hall, le chenal signalé devrait être prolongé un peu plus loin sur la carte. Il y a donc là des restes d'un chenal derrière une basse élévation de roche qui doit avoir produit une chute transversale quande la grand cataracte passait en cet endroit. Ainsi la localisation des chutes à l'époque de Hennepin en 1678 est complète. En tenant compte des tablettes écroulées de Table Rock et en prolongeunt la ligne de crête des grandes chutes par une courbe semblable à celle de l'époque de Hall, elle coupe la face septentrionale de

la tablette de l'île Goat à la même distance devant les chutes actuelle, comme on le constaterait si on prolongeait, en descendant, la gorge de 950 pieds conformément à la marche mesurée du retrait.

S'il ne s'était pas fait de mesurage pour déterminer la marche du retrait, la chute transversale de Hennepin soigneusement élaborée aurait fourni le moyen de s'assurer de la marche durant les 227 dernières années (jusqu'à 1905), ce qui nous aurait ramené à 164 années avant les calculs de Hall, lorsqu'aucun autre homme blanc que Hennepin n'avait laissé une description des "Mocassin Falls" des Indiens, du temps de Champlain.

Il n'y avait pas alors de tablette de Goat Island, mais les chutes canadiennes avaient la forme d'un demi-cercle sans la courbe rentrante dont la nappe d'eau s'est allongée depuis jusqu'à 2,950 pieds en 1,900 avant le raccourcissement de 415 pièces pour les besoins du commerce. Conséquemment, les chutes canadiennes à cette dernière époque étaient beaucoup plus grandioses qu'à l'époque de Hennepin où leur diamètre était seulement de 1,200 pieds avec un périmètre de 1,500 à 1,800 pieds. La forme était alors celle d'une courbe aplatie avec probablement une légère dentelure correspondant au sondage profond à l'angle de l'étagère de Goat Island.

Le soulèvement insulaire au nord de Table Rock House avec la dépression au de là et derrière l'usine de force motrice peut se voir sur la planche X.

NOTE 1.—La Planche IIIa (page 25) est reproduite d'un dessin fait en 1768 par le Lt. W. Pierie, de l'Artillerie Royale. L'illustration a été gracieusement fournie par l'hon. Peter A. Porter de Buffalo, N.Y. Avec celle de Hennepin (1678) que montre la Planche XLIII, c'est le plus ancien dessin des Chutes du Niagara que je connaisse. A première vue, le tableau parait très dèformè; l'île Goat étant beaucoup trop petite et hors de proportion. Cependant si on l'examine côte à côte avec la description de Kalm en 1750 (voir Annexe 1) le dessin devient un document précieux pour l'enregistrement du retrait des chutes. Il montre que le membre oriental du croissant couvert par l'eau atteignait presque le milieu de la façade de l'ile; et aussi que la même tablette rocheuse allait beaucoup plus loin que maintenant en travers de la gorge et que l'angle rentrant des chutes était alors relativement faible.

NOTE 2.—La Planche VIIa (page 35) est réduite au cinquième de la grandeur naturelle d'une reproduction par la gravure d'une peinture de John Van der Lyn (1804). La gravure est dédiée à la Société des Beaux Arts de New York. La peinture montre Table Rock House depuis la chute et aussi la largeur beaucoup plus grande que maintenant de la tablette de Goat Island. (Par gracieuseté de W. K. Vanderbilt, Jr. Esq.)

CHAPITRE IV

HAUTEUR DES CHUTES ET PENTE DE LA RIVIÈRE NIAGARA

Déclivité des rapides d'en haut.
Hauteur des chutes.
Déclivité des rapides Whirlpool, de la Cascade à l'issue du Whirlpool et des Rapides à la platière Foster.
Tableau de la pente de la rivière Niagara.

DÉCLIVITÉ DES RAPIDES D'EN HAUT

La déclivité de la rivière, du lac Erié aux rapides où une arête traverse la rivière et produit la Première Cataracte est presque de quatorze pieds. A partir de cette barrière déterminante, les rapides d'en haut descendent en différentes cascades cinquante-trois pieds jusqu'au bord actuel de l'eau telle qu'elle est actuellement détournée du côté canadien; mais la déclivité des rapides jusqu'au sommet est beaucoup moindre et est située à plusieurs centaines de pieds en amont du côté du chenal pré-glaciaire le dernier enseveli. C'est une cause additionnelle du peu d'épaisseur de la nappe de l'eau en cet endroit. La profondeur de l'eau est plus grande le long de cette partie de la crête qui va du bord canadien au sommet actuel. Cela est dû à l'ancienne auge transversale Falls-Chippawa, qui croise la direction des rapides. De la cascade Greens ou Première, les rapides occupent 2,500 pieds jusqu'au sommet des Chutes, mais la distance est beaucoup plus forte vers le bord occidental par suite de la courbure de la rivière et de la forme en croissant de la cataracte.

LA HAUTEUR DES CHUTES

La hauteur des Chutes du côté canadien, en temps ordinaire, est de 158 pieds, mais du côté adjacent de l'île Goat, elle est de deux pieds de plus. Ces hauteurs correspondent au niveau

de la rivière à l'usine de force motrice, un millier de pieds au nord là où la rivière est un amas d'écume bouillante. Sans aucun doute, l'eau doit s'empiler presque droit au pied des chutes, ce qui réduit légèrement la hauteur indiquée. Il serait difficile de déterminer cela exactement, car à l'extrémité du tunnel de l'Electrical Development Company sous les Chutes, à quelque 600 pieds du bord de la rivière, on voit le torrent d'une impétuosite irrésistible bouillonnante qui tourne et retourne la surface toujours changeante de l'eau.

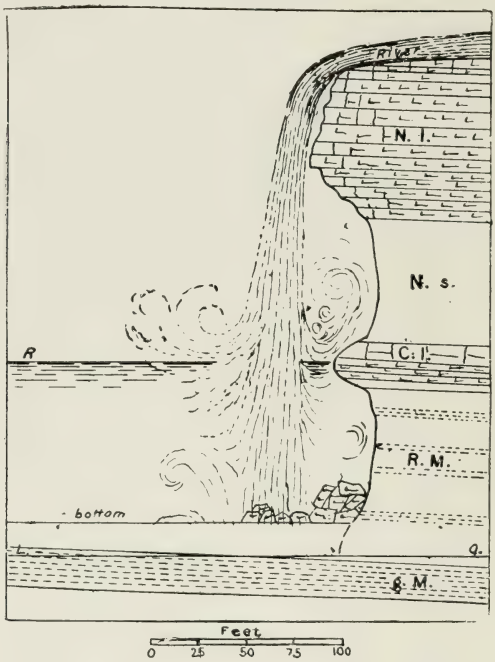


FIG. 2.—Coupe transversale des Chutes canadiennes (échelle horizontale et transversale de la coupe) R. surface de la rivière; L.O., surface du lac Ontario; N.l., calcaires Niagara; N.S., schiste Niagara; C.l., calcaire Clinton; R.M., schiste et grès Medina Rouge; g.M., grès Medina gris; schiste Medina.

A la cime, la chute tombe de 175 pieds. Cette hauteur supérieure est due à ce que ce point est plus avancé dans le lit du chenal qui s'élève et près de son milieu. Il y a donc au

milieu, à la fois une augmentation de la hauteur de la cataracte et aussi du volume d'eau, qui facilite là le retrait jusqu'à ce qu'il soit retardé par les bancs qui font saillir.

En aval de la marmite écumante la surface de la rivière forme une étendue d'eau relativement calme que l'on peut naviguer sur un mille et demi jusqu'au pont Cantilever, avec une déclivité d'un pied et demi au plus. J'ai vu cette section de la rivière dans la saison de 1905, douze pieds au-dessus du niveau ordinaire, quand le bord canadien de la rivière au-dessus des chutes s'était élevé de trois pieds.

Si l'on s'occupe maintenant du Chenal de New-York, il y a une barrière dans la partie supérieure de la rivière semblable à celle décrite en amont des chutes canadiennes. Elle est située un peu en aval de la tête de l'île Goat et c'est aussi la Première Cascade du chenal oriental. La déclivité de ce rapide d'en haut est de quarante-cinq pieds. Les chutes américaines à son bord supérieur descendent de 167.5 pieds, tandis qu'à la lisière adjacente à l'île Luna, elle est de 169 pieds. L'île Luna produit une troisième cataracte intermédiaire de de petite taille d'où, avant de faire son saut final, les eaux rejaillissent d'un banc à un autre.

DÉCLIVITÉ DES RAPIDES WHIRLPOOL OU DE LA CASCADE À L'ISSUE DU WHIRLPOOL ET DES RAPIDES À FOSTER FLAT

En aval de la tête des rapides Whirlpool la rivière descend de cinquante et un pieds et demi jusqu'au Whirlpool, puis, ensuite, de sept pieds à une autre étendue plus calme en amont des Foster Flats. Vingt pieds de plus de rapides violents ramènent la rivière au même niveau qu' au pied des Foster Flats et seize pieds de plus de déclivité l'amènent à l'entrée de la gorge. Le tableau suivant de la pente de la rivière montrent pleinement ces traits, ainsi que la coupe longitudinale, figure 3.

Le niveau de la rivière dans la gorge varie constamment et est différent en divers endroits. Il peut varier de quelques pouces à deux ou trois pieds—ces pulsations se produisent irrégulièrement avec des intervalles qui vont de une minute à quelques minutes.

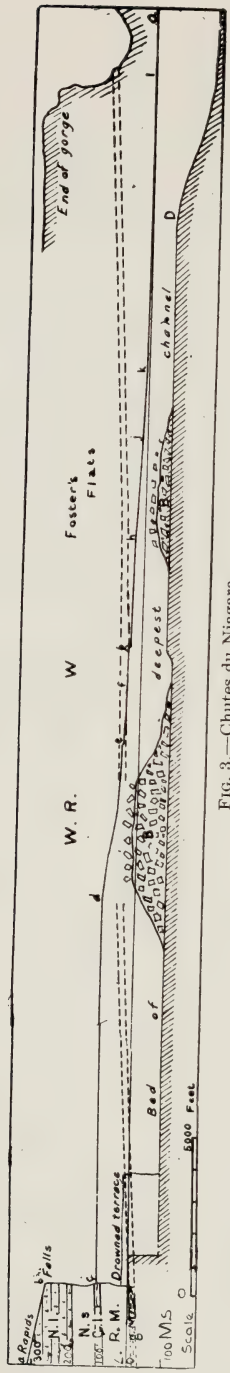


FIG. 3.—Chutes du Niagara.

Coupe longitudinale de la gorge montrant la pente et le fond de la rivière. Déformation verticale dix fois. W., position du Whirlpool; W.R., Rapides du Whirlpool; L.O., niveau du lac Ontario; a b c d e f g h i k l représentent la pente de la rivière coupant le plan de la bande grise Medina en amont du Whirl pool. D., position des chutes noyées ou grands rapides; N.I., calcaire Niagara; N.S., schiste Niagara; C.I., calcaire Clinton; R.M., schiste rouge Medina et grès; g.M., bande grise Medina; profondeur de la rivière en aval du Whirlpool moindre qu'en amont. Chenaux au Whirlpool et aux rapides Foster obstrués par des blocs.

TABLEAU DE LA DÉCLIVITÉ DU NIAGARA

	Au-dessus de la mer.	Au-dessus du lac Ontario	Chute.
	Pieds.	Pieds.	Pieds.
Lac Erié—			
A Pt. Colborne, 1860-1905	572.35	326.58	
" 1891-1905	571.65		
" 1904 (janv.—nov.)	572.28		
A Cleveland, 1855-1905	572.67		
" 1904 (janv.—nov.)	572.51		
Rivière Niagara—			
A Bridgeburg ... Basse	566.49		
" ... Haute	568.74		
" 1871-1895 ... Moyenne	567.46		
Tonawanda, New-York, 1871-1895	564.76		
Schlosser, N.-Y ... Basse	561.69		
" ... Haute	566.19		
" 1871-1895	562		
Chippewa, 1904 (janv.—nov.)	561.18*	315	
Au niveau moyen du lac	562.50		
Tête des rapides—			
Baie antérieure de la Ontario Power Company, 1904 (janv.—nov.)	558.75	313.7	
Plancher rocheux de la prise	552	306	
Au coude de la boucle derrière l'île Dufferin	532		
Partie supérieure des Chutes canadiennes cime centrale en face du repère du levé, T.P. 6	521+	275	
Bord de la rive opposé T.P. 6	520.5	274	
Bord des Chutes à l'île Goat	505.5	259	
Bord des Chutes du côté canadien, état ordinaire (nouvelle ligne de rivage)	504.3	258	
Bord sur le côté canadien, eau très haute	507.3		
Repères, Table Rock House	511.13	265	
Déclivité des rapides d'en haut, côté canadien depuis l'avant-baie de la Ontario Co	...	...	55
Surface de la rivière en aval des chutes à l'extrémité du tunnel de l'Electrical Development	346+	100+	
Surface de la rivière, 1000 pieds plus bas (Ont. Pow. Co.)	346+	100+	
Surface de la rivière ... eau très haute	358	112	
Déclivité des chutes canadiennes, centre	...	...	175
" " côté ouest	...	...	158
" " côté est	...	...	160
Faîte des chutes américaines, côté nord	512.5	266.5	
" " côté sud à l'île Luna	511	265	
Déclivité des rapides d'en haut, chenal de New-York, du le niveau de l'avant-baie de l'Ontario Company à l'extrémité ouest de la cascade Green	...	...	50
Déclivité des chutes américaines	...	...	167.5
Surface de la rivière au pont Cantilever, tête des rapides Whirlpool	345	98.5	
Surface de la rivière sous le pont du Grand Trunk Railway	343	96.5	
Surface du remou de la rivière au pied des rapides Whirlpool proprement dits	301	54.5	
Surface de la rivière au Whirlpool	293	47	
Déclivité des rapides Whirlpool	...	...	51.5

*Ce chiffre paraît trop élevé.

TABLEAU DE LA DÉCLIVITÉ DU NIAGARA—*Suite*

	Au-dessus de la mer.	Au-dessus du lac.	Chute.
	Pieds.	Pieds.	Pieds.
Bassin entre le Whirlpool et Foster Flats	286	40	
Pied des Foster Flats, dans les remous	265	19	
Traverse du cable (Ont. Pow. Co.)	256	10	
Embouchure de la gorge	249	3	
Rivière à Queenston ... Basse	246.20	0.20	
" ... Haute	250.71	4.7	
" 1875-1895 ... Moyenne	249.93*	2.0	
Lac Ontario—			
A Toronto 1855-1905	245.86		
" 1891-1905	245.07		
Déclivité du lac Erié au lac Ontario (1891-1905)	.....	.....	326.58

*La moyenne de 1891-1905 serait plus basse.

Les niveaux du lac sont computés des tables moyennes mensuelles des rapports de la Commission des Lacs et des rapports inédits du canal Welland et du port de Toronto. Le chiffre aux Chutes du Niagara, le profil du chemin de fer, du Parc des Chutes du Niagara et de la rivière Niagara, la coupe au pont du chemin de fer du Michigan Central, le mesurage des rapides de Jennings, les niveaux déterminés par les compagnies de force motrice, les nouveaux niveaux relatifs aux chutes, pris par moi-même, où figure le premier essai de mesurer la hauteur de leur centre et les "Altitudes in Canada" de M. White pour les autres points de la pente de la rivière, ont fourni les renseignements qui précèdent, qui sont les plus précis qu'on peut obtenir. Pour la commodité, s'il n'y a pas d'autre spécification dans tout ce travail, le lac Erié sera considéré comme étant à 326 pieds au-dessus du lac Ontario et le lac Ontario à 246 pieds au-dessus de la mer, car l'altitude de 245 pieds n'est en vigueur que depuis 1890.

Il faut songer au fait que le bord canadien des Chutes a été reculé artificiellement de 415 pieds à peu près. Ceci doit avoir légèrement augmenté la hauteur, mais comme l'eau a été détournée à une partie plus profonde du chenal, la descente n'a pas matériellement changé.

CHAPITRE V

NOUVEAUX SONDAGES DANS LA GORGE DE LA RIVIÈRE NIAGARA

Premiers sondages dans la rivière.
Position des nouveaux sondages.
Sondages sous les Chutes canadiennes (1906, premier essai).
Sondages des Chutes canadiennes près du pont Cantilever.
Sondages et forages au pont Cantilever.
Rapides Whirlpool.
Sondages dans le Whirlpool.
Sondages en aval de l'issue du Whirlpool.
Sondages en aval de Foster Flats et juste en dedans de la gorge.
Sondages dans la rivière au de la de l'éxtrémité de la gorge.
Sondages en amont des rapides d'en haut.
Profondeur de l'eau sur les rapides d'en haut.

PREMIERS SONDAGES DE LA RIVIÈRE

Des sondages pour déterminer la profondeur de la rivière ont été exécutés là où la navigation l'exigeait. C'est ainsi qu'on en a pratiqués du lac Erié jusqu'auprès des rapides, en amont des chutes à la limite où les vaisseaux peuvent se risquer sans danger. Des sondages ont été pratiqués aussi dans la rivière en aval de l'embouchure de la gorge jusqu'aux débarcadères de Queenston et de Lewiston. Depuis 1750 les premiers colons du pays se servaient de petites embarcations pour traverser la rivière en aval de la ligne des chutes américaines comme le fait maintenant la *Maid of the Mist.* La Commission des lacs des Etats-Unis a fait aussi des sondages dans cette région et les a publiés en 1875. Une autre ligne de sondages a été exécutée au pont du Michigan Central Railway en 1899. Ils ont été publiés par M. P. W. Curry [1] d'après des données fournies par les ingénieurs du chemin de fer. Il n'a pas été publié d'autres sondages. Les données actuelles, au pont m'ont été gracieusement fournies par M. H. Ibsen, ingénieur des ponts du Michigan Central Railway.

1 Trans. Can. Inst. Toronto, Vol. VII, p. 7, 1901.

Le courant au pont du Michigan Central est très fort et rendait difficile le sondage des profondeurs. Il a cependant pu s'accomplir en employant des poids de 600 livres, faits en forme de têtard [1], soutenus sur un axe de façon à offrir au courant le moins de résistance possible. On se servait d'gros fil de télégraphe. Trois sur les quatre plombs ont même été perdus. Les sondages ne pouvaient pas révèler la nature de la gorge, car, en-dessous du fond de la rivière, le chenal a été recomblé avec des blocs éboulés.

Il vieut d'être dit qu'on n'avait pas publié d'autres sondages, mais on dit que M. Nissen, du bateau appelé "*The Fool-Killer*", a fait des sondages dans le Whirlpool et ailleurs qui n'ont pas été publiés. Cependant on ne peut pas beaucoup se fier aux sondages exécutés dans des courants rapides avec les méthodes ordinaires.

POSITION DES NOUVEAUX SONDAGES.

Dans mes investigations la question se souleva de savoir quelle était la nature du chenal sous la surface. Sans notions des traits qué varient je ne pouvais pas déterminer quel travail l'eau a fait aux divers endroits. Personne ne connaissait la profondeur de la rivière devant les chutes américaines ou en aucun endroit en amont dans la direction des chutes canadiennes. Toutes les suppositions faites quant à la profondeur sous les chutes canadiennes étaient erronées, car elles se basaient dans mon travail sur des sondages profonds en aval de la ligne des chutes américaines, à deux tiers de mille, plus loin, exécutés pour indiquer la profondeur de la rivière dans sa course, malgré l'interruption des rapides du Whirlpool.

Le Whirlpool longe le cours de l'ancien chenal enseveli. Sa profondeur était un mystère. Juste en deçà de l'issue du Whirlpool le chenal est moderne. Quel travail ont

1 Voir aussi Rep. of Chief Engineers, U.S.A. pt. VIII, 1900.

accompli l'ancien cours d'eau et la rivière moderne? Sur ce point encore, la connaissance de la profondeur de la rivière était nécessaire. Les forages du pont du chemin de fer Michigan Central montrent la nature de l'ancienne vallée, quoiqu'elle soit plus ou moins comblée, comme il a déjà été dit bet les sondages au pont ont fourni des renseignements qui permettent de tirer des conclusions quant à la profondeur des rapides Whirlpool.

En descendant la rivière, il y a les Foster Flats. Là, il s'est produit beaucoup de changements dans la rivière. Les sondages en aval de la bouche du Whirlpool montrent ce que les chutes ont fait après avoir passé les Foster Flats et avant d'atteindre la gorge du Whirlpool. Les rapides dans l'étranglement en face des Foster Flats peuvent être regardés seulement comme une répétition des rapides Whirlpool sur une différente échelle occupant un chenal partiellement recomblé par l'amas extraordinaire de roche abattue qui existe en cet endroit. Il a fallu connaître le caractère du chenal en aval des Flats en dedans de la gorge et près de son extrémité aussi bien qu'au deçà.

Les sondages de 1905 ont mis au jour pour la première fois la nature du plancher de la gorge, tout en nous laissant dans l'ignorance de la profondeur de la rivière sous les Grandes Chutes. Il paraissait au début impossible de faire des sondages. Le capitaine Carter de la *Maid of the Mist* et M. Wilson avec d'autres étaient prêts à m'aider. Finalement les sondages ont réussi en septembre 1906, ce qui a changé complètement l'opinion courante au sujet du retrait.

Pour faire les sondages sous les chutes, il a fallu employer des méthodes qui diffèrent des méthodes usuelles. On a fait une bouée de 3.5 pieds à peu près de longueur, pointue en bas et chargée à l'extrémité avec 27 livres de plomb (le tout pesant cinquante livres). Cinq pouces de la bouée à peu près flottaient à la surface de l'eau. Une baguette au sommet portait un

drapeau rouge. L'extrémité inférieure portait une semelle de plomb propre à recevoir les écorchures quand on atteindrait le fond. Dans cette bouée, il y avait deux tubes de sondage Tanner-Blish, doublement protégés contre les chocs. La bouée fut amenée du Fort Day sur un remorqueur gracieusement fourni par M. Champagne et immergée par mon assistant, M. Walker. Différents endroits choisis pour envoyer la bouée furent déterminés par la distance d'une bouée ancrée. Le cours suivi par la bouée de sondage fut noteé au moyen d'autres. Elle atteignit la première cascade à différents essais en quinze à vingt minutes. Quinze à vingt autres minutes lui firent descendre les rapides d'en haut puis les chutes et un peu plus loin, même jusqu'à Carters-Cove où elle fut recueillie par le steamer.

PREMIER ESSAI DE SONDAGES SOUS LES CHUTES.

Comme l'indique la grande carte et une coupe (fig. 3) la profondeur de la rivière est de quatre-vingt-quatre pieds en un endroit situé à un millier de pieds des chutes. Cet endroit est près du milieu de la gorge avec un chenal plus profond qui atteint 192 pieds plus près de l'extrémité est. Quand on a trouvé l'étagère à quelque distance plus bas dans la rivière, on a cru qu'elle se prolongeait jusqu'aux chutes elles-mêmes comme le chenal interne plus profond. On a constaté que cette opinion était exacte quant à l'étagère mais pas quant au chenal interne plus profond. Près du centre du sommet où le volume d'eau est le plus fort, les sondages sous les chutes ont atteint des profondeurs de soixante-neuf et soixante-douze pieds. D'après les marques sur la semelle de plomb de la bouée, on a trouvé que le sondage de soixante-neuf pieds a touché la roche dure d'un caillou ou d'un bloc tombé tandis que le sondage de soixante-douze pieds a égratigné sur une surface ressemblant à

des schistes. Sur le bord oriental de la cime, la bouée a touché une roche assez forte pour l'endommager, ce qui montre qu'on ne pouvait pas faire là de sondages parce que l'eau était brisée par des bancs qui entravaient sa descente. La largeur entre le mur de roche signalée et l'endroit du sondage de soixante-douze pieds, est trop étroite pour permettre qu'un chenal correspondant à celui de 192 pieds se prolonge jusqu'au site actuel du grand chenal.

La profondeur effective en aval des chutes qui est un peu moindre que sur la tablette (qui a une largeur générale de 80 à 100 pieds jusqu'à l'anse Carter) peut être due aux cailloux et aux blocs tombés ou le plancher peut s'être soulevé comme dans le cas de l'anse derrière l'arête Wilson aux Foster Flats. Ces variations de profondeur ont modifié nos idées sur le mode de retrait et sur l'histoire du chenal lui-même.

SONDAGES DEPUIS LES CHUTES CANADIENNES JUSQU'AUPRÈS DU PONT CANTILEVER.

Les sondages dans cette section de la gorge ont été faits de la *Maid of the Mist* et partent d'un point dans l'embrun aussi près de la cataracte qu'il était possible d'approcher le navire, jusqu'à un endroit près du pont Cantilever en amont des rapides Whirlpool situé à une distance d'un mille et demi.

Les sondages indiquent sur la carte des profondeurs très variables. Cela est dû à un chenal étroit et très profond qui pénètre dans le plancher général, plancher qui, près des chutes, est entre 80 à 100 pieds en dessous de la surface. Mais il y a des endroits où les récifs se trouvent beaucoup plus près de la surface de l'eau. On en trouve un gros en face des chutes américaines où l'on peut voir à la surface, quand l'eau est très basse, de gros cailloux. Le courant est là très rapide et en raison de la difficulté de naviguer assez près des roches, on n'a pas pu entreprendre d'exploration détaillée. Ma grande carte montre

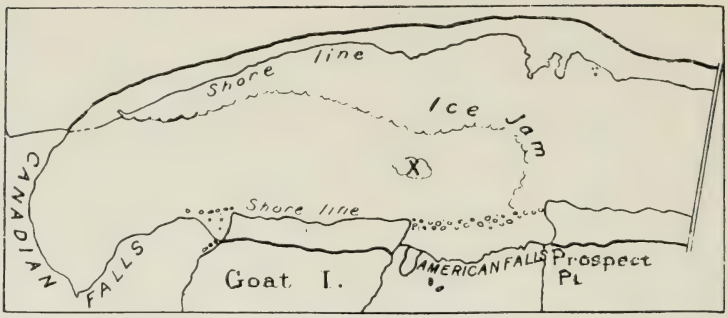


FIG. 4.—Esquisse de l'entassement de glace de 1906, montrant le massif échoué en X (C. E. Eldridge).

que le récif se prolonge aux deux tiers de la rivière, mais on suppose qu'il se rapproche plus près que cela du côté canadien.

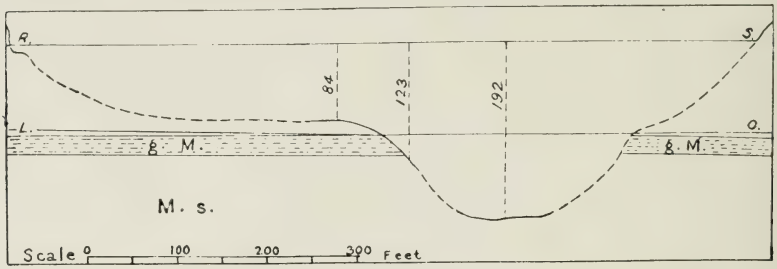


FIG. 5.—Coupe depuis le voisinage de Table Rock House jusqu'à la planchette de Goat Island Même échelle horizontale et verticale, R.S., surface de la rivière; L.O., niveau du lac Ontario; g.M., bande de grès gris Medina; M.s., Schiste Medina, Cette légende s'applique à la Fig. suivante et il est inutile de la répéter.

M. Claude E. Elridge, mon assistant jette plus de lumière sur cette question dans son esquisse de l'entassement de glace de mars 1906 (fig. 4). Sur cette figure on voit un morceau de

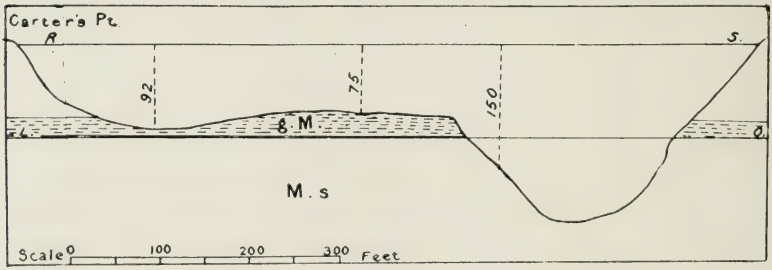


FIG. 6.—Coupe de l'anse Carter à la rive en aval de Prospect Point.

glace isolé aux deux tiers de la rivière canadienne presque en face de l'île Luna. On suppose maintenant que le plancher se

soulève si près de la surface en cet endroit que l'un des grands blocs fait saillie et retient la glace. De fait, près de cet endroit, j'ai trouvé une profondeur de seulement cinquante-sept pieds et j'ai vu des blocs tombés ressouane dans un cas avec une hauteur de 50 pieds quand le massif gisait sur son bord. Cela est important pour montrer que le chenal profond, qui tranche dans le plancher sous l'île Goat elle-même est très étroit. Une coupe transversale partant de la tablette de l'île Goat est montrée dans la figure 5.

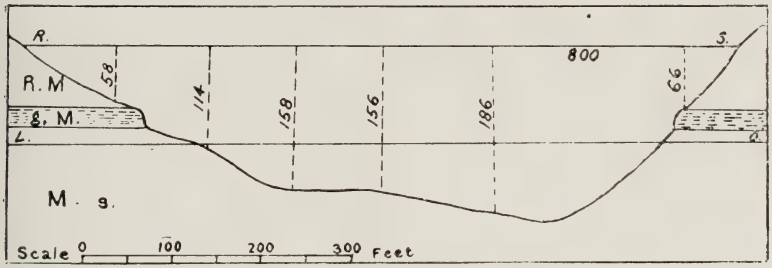


FIG. 7.—Coupe au pont d'Arche d'en Haut.

Le chenal profond se voit davantage dans la fig. 6 qui est une coupe entre l'anse Carter et la rive en aval de Prospect point.

Les sondages en amont de Carter-Cove, montrés dans la figure 6 sont assez separés pour laisser place à un chenal étroit qui doit exister en raison du sondage de 192 pieds en amont et parce que les sondages en avant des chutes américaines sont plus profonds que sur la tablette en deçà. Jusqu'aux sondages postérieurs, je regardais la tablette en face des chutes américaines qui se terminent assez brusquement comme l'emplacement d'une chute noyée dont le plancher est entaillé du côté est par un chenal plus profond.

Juste en aval de l'anse Carter (planche XXXVIII B, chapitre XXXIV) le large chenal de la rivière est très profond sans existence de la tablette comme l'indique la figure 7 coupe au pont d'Arche d'en Haut.

La découverte de la réduction de la profondeur de la rivière sous les chutes montrant leur puissance d'excavation a confirmé l'idée que dans ce voisinage la hauteur des chutes avait été plus considérable, mais était maintenant réduite par le recul de l'eau dans la gorge.

SONDAGES ET FORAGES AU PONT CANTILEVER.

A la culée est du pont, le chemin de fer Michigan Central a foré en 1899 avec une perforatrice diamantée pour déterminer la nature de sa fondation. Ce forage est situé dans l'extrémité supérieure des Narrows de la gorge des rapides Whirlpool et pour la première fois a décélé son caractère, montrant

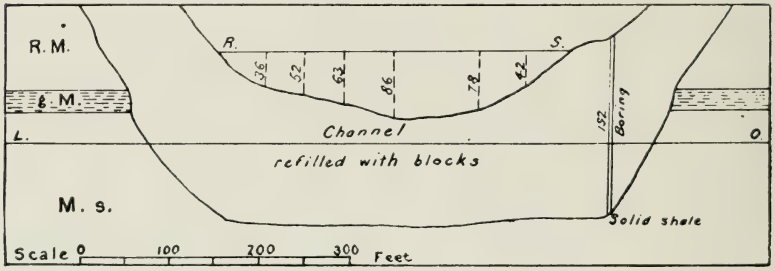


FIG. 8.—Coupe de la rivière au pont Cantilever.

une succession d'argile et de cailloux, principalement du calcaire se prolongeant à une profondeur de 185 pieds en dessous de la rivière qui est là à quatre-vingt-dix-sept pieds à peu près au-dessus du lac Ontario. (Voir chapitre XII sur la coupe des rapides Whirlpool.) On voit ainsi que le chenal profond dans la roche se prolongeant depuis les chutes à travers la portion plus large du cañon continue encore à la même profondeur d'à peu près quatre-vingt-sept pieds au-dessus du niveau du lac dans les Narrows des rapides Whirlpool. Le premier usage géologique de cette coupe a été fait par M. R. W. Currie qui l'a publiée dans les "Transactions of Canadian Institute."

Comme on peut le voir dans la coupe transversale, figure 8 ce chenal enseveli est comblé si bien que la plus grande profondeur de la rivière est de quatre-vingt-six pieds.

LES RAPIDES WHIRLPOOL.

De cet endroit, la vélocité du courant s'augmente beaucoup car jusqu'au Whirlpool la déclivité dépasse cinquante et un pied. Tandis que l'eau se précipite sans agitation sous les ponts de chemin de fer, elle devient bientôt tempêtueuse dans les rapides. A côté, il y a quelques massifs extraordinairement gros dont l'un a 120 pieds de longueur et plus de 60 pieds de largeur et 10 pieds d'épaisseur. Ceux-ci se sont abattus récemment comme le montre l'absence absolue d'un commencement de cañon là où le creek Muddy se culbute sur la roche tendre du côté ouest des Narrows. C'est avec ces blocs que s'est recomblé le fond du chenal, quelques uns atteignant près de la surface et produisant des brisants bouillonnants. Aucune roche massive ordinaire ne pourrait résister à ces courants affolés, brisés et interrompus par toute espèce de courants secondaires et par une succession de brisants rebondissants descendant à une vitesse de vingt à trente milles à l'heure. Cette vélocité ne peut même pas être déterminée en raison des changements constants, et nous ne savons rien des sous-la courants. Le plomb de sonde pourrait être descendu dans la rivière au moyen d'un câble mais il est bien probable qu'il serait pris dans quelque crevasse de roche. Il n'y a pas de notion à retirer de la connaissance de la profondeur réelle car les forages au pont Cantilever montrent que le chenal dans les formations rocheuses avait été excavé à sa pleine profondeur avant que les roches tombées eussent obstrué le passage de la rivière. La profondeur maximum dans les rapides est beaucoup moindre que quatre-vingt-six pieds.

En dépit de leur caractère sauvage certains experts hasardeux ont descendu ces rapides dans des barils ou des embarca-

tions spécialement construites. En un cas, une embarcation était faite à compartiments insubmersibles avec une quille en fer pesant 1,600 livres. Le navigateur était attaché à l'embarcation de façon à pouvoir se détacher. Dans un de ses deux voyages, le bâteau a chaviré malgré la lourde quille et l'homme a été sous l'eau pendant plus d'une minute, puis l'embarcation s'est redressée et il a échappé. Dans un autre voyage l'embarcation a sauté plus près du côté canadien et n'a pas chaviré. On a eu récemment une autre preuve des caprices du courant. Cinq petites embarcations à fond plat appartenant à la *Maid of the Mist* ont été détachées par quelque malfaiteur du quai de ce steamer et lancées à la dérive. Toutes ont sauté les rapides du Whirlpool et ont été recueillies. L'une a chaviré, deux autres ont été remplis d'eau et les deux autres contenant les rames ont passé presque à sec. Le premier steamer *Maid of the Mist* a sauté les rapides à pleine vapeur et a échappé.

SONDAGES DANS LE WHIRLPOOL.

On a fait bien des calculs intéressants sur la profondeur du Whirlpool. M. Nissen y a fait quelques sondages de son embarcation mais le résultat est inconnu. Il n'a pas pu traverser directement. Pour ceux qui ne connaissent pas bien le Whirlpool, je dirais que les eaux y entrent, traversent son issue, tournent en cercle et finalement en ressortent presque entièrement comme sous-courants. De cet façon, tout objet flottant qui y est amené peut rester à tourner desjours et même des semaines. Quand le courant d'en haut vient en contact avec le courant d'en bas on a vu de grandes pièces de bois s'enfoncer perpendiculairément, entraînées dans le courant inférieur, mais la majorité reviennent à la surface. Il y a constamment dans le Whirlpool des objets qui tournent autour de son cours, avançant vers la rive et s'en retirant avec des sursauts intermittents.

Durant la dernière saison la quantité de billes de bois s'est beaucoup augmentée en raison des barrages temporaires des compagnies de force motrice qui ont délogé leurs charpentes à la dynamite et les ont envoyées dans la rivière. Cela a dérangé beaucoup pour les sondages. Si une embarcation peut naviguer en rond dans les eaux plus sûres, elle ne peut pas traverser le centre de l'étang, où les courants se rencontrent, et elle risque d'être saisie par une de ses extrémités dans les tourbillons bouillonnants.

La surface du Whirlpool est à quarante-sept pieds au-dessus du lac Ontario. Dans mon travail sur la "Durée des chutes du Niagara", j'ai fait faire des coupes du chenal de la rivière dont le Whirlpool est un bras en supposant que la profondeur est en substance la même que les sondages les plus profonds qui précèdent. De l'un de ces sondages j'ai conclu que la rivière et le Whirlpool ont atteint une profondeur de 90 à 100 pieds en dessous du niveau du lac Ontario ce qui indiquerait un chenal profond de 136 à 146 pieds. Je l'ai entendu évaluer à 300 pieds, mais le grand courant est un contre-courant sous-aquatique, si bien que sa profondeur ne peut pas être définie, sauf au moyen d'appareils spéciaux.

Ma façon de sonder là, au Whirlpool, comme ailleurs était de tendre un câble à travers un espace d'eau de 1,150 pieds. Cette distance était très augmentée car il fallait amener le câble à une hauteur de soixante à quatre-vingts pieds au-dessus de l'eau pour tenir compte de la courbe et empêcher qu'il ne tombe dans l'eau et ne soit pris par le bois de dérive. Ce câble de sept torons est le même que le commandant Tanner emploie pour ses instruments de sondage de navigation. Il est sensé avoir une résistance de 600 livres bien qu'il ait quelquefois résisté à une tension de 900 livres sans rupture. Mais d'autres fois, il s'est brisé. Il était suspendu aux deux bouts sur des tambours mobiles avec une roulette de poulie agrafée qui était déplacée en n'importe quel endroit sur la rivière. Au moyen de

cette roulette on faisait agir un autre câble portant à une extrémité le plomb de soude et à l'autre une mesure d'enregistrage. Grâce à cette position et en employant des tubes hydrostatiques, on pouvait mesurer la profondeur qu'atteignait le plomb de soude. On a employé deux "plombs" pesant l'un douze livres et l'autre trente livres. Ils étaient d'une forme offrant le moins de résistance possible, et, malgré cela, ils ont été battus et lancés contre les roches par le courant comme si on les avait frappés au marteau de forge. Les profondeurs ont été déterminées exactement au moyen d'un tube Tanner-Blish de petit calibre avec des anneaux étroitement gravés dans l'intérieure. Ces tubes ont vingt-quatre pouces de longueur avec un chapeau de caoutchouc à l'extrémité supérieure. L'extrémité de dessus fermée, un a été placé dans un tube de laiton soutenu par un ressort pour adoucir les chocs et celui-ci a été inséré dans les plombs de sondage. Protégés contre les courants ces petits tubes ont tranquillement enregistré la profondeur de l'eau; car la pression comprimait l'air dans un plus petit espace et le soulèvement de l'eau mouillait le dedans du tube. Une fois mouillés, les anneaux gravés qui paraissent blancs quand ils sont secs, deviennent transparents et marquent nettement la hauteur à laquelle l'eau est montée. En mesurant ces données à l'échelle convenable on lit immédiatement la profondeur en brasses. Dans très peu de cas la brutalité du courant lançant les plombs contre les roches a rendu les lectures assez incertaines. Dans ces cas on a rejeté ces lectures.

Quand le frein à frottement du tambour était relâché le plomb s'enfonçait aussi rapidement que possible pour atteindre le fond par la ligne la plus courte, car autrement le courant l'aurait emporté. Dans quelques cas, cette ligne ne différait pa matériellement de la profondeur consignée dans les indicateurs. Quelquefois le plomb était emporté loin de sa position, mais dans chaque cas, le coup subit sur le fond et la cessation de la tension du câble était immédiatement ressentie sur le tambour

et le relâchement du fil amenait un enroulement. Il n'y avait par conséquent pas de doute que le fond avait été atteint. De cette façon, j'ai fait une ligne de sondages entre la pointe Thompson, au débouché du Whirlpool, et la petite gorge du ravin Colt dans des directions perpendiculaires à l'axe du Whirlpool. Cette ligne est au bord du Whirlpool proprement dit où il rejoint la vraie rivière (voir la grande carte. La coupe est illustrée dans la figure 9, p. 70).

Neuf sondages ont été pratiqués le long de cette ligne en plus des sondages épars. Près d'en dessous de la pointe Thompson on a trouvé une profondeur de 75 pieds. Elle s'accroît et atteint 102 pieds à 500 pieds de la rive. Du côté ouest des rapides du Whirlpool, il y a une étagère submergée à une profondeur de dix pieds seulement d'un endroit situé à 150 pieds à peu près de la rive. Juste au delà, il y a un accroissement de profondeur qui atteint 78 et 87 pieds. En sondant sous la pointe Thompson, les courants vers l'intérieur étaient modérément forts, mais à l'endroit où la profondeur est de 102 pieds, il règne une zône neutre si bien que le câble de sondage a donné trois pieds seulement de profondeur de plus que la profondeur hydrostatique. Entre ce sondage et un autre de 87 pieds, de l'autre côté il s'est produit un phénomène extraordinaire. Longtemps après que l'on s'attendait à voir le câble et le poids cesser de se dérouler du tambour on a constaté qu'il continuait à descendre. A la surface, le courant n'infléchissait pas beaucoup le câble, mais il était pris par un sous-courant qui l'avait fait dévier de 200 pieds, (du point où il était entré dans l'eau), pour l'amener dans le chenal de la rivière proprement dite, c'est-à-dire dans le cours de la rivière, comme s'il n'y avait pas de Whirlpool. Cependant, en terme général, le tout est appelé Whirlpool. Il y a cependant une distinction importante dans l'étude du mécanisme de la rivière.

Par suite des tourbillons dans le courant, et de la difficulté de tendre le câble, il a paru impraticable de déterminer la

profondeur en cet endroit. Le courant favorisait là le sondage qui atteignit une profondeur de 126 pieds montrant que le

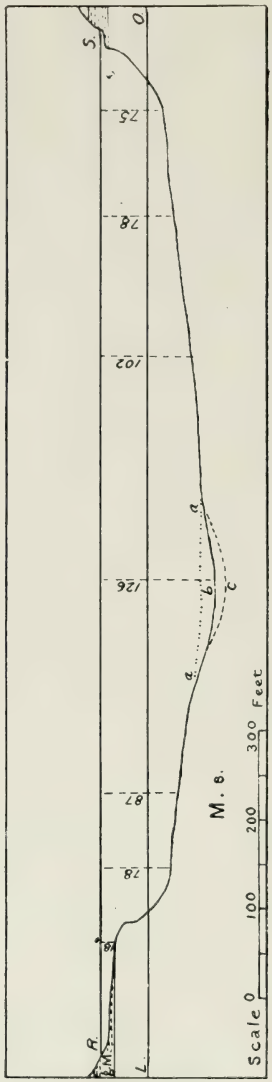


FIG. 9.—Coupe en travers du Whirlpool de la pointe Thompson au ravin Colt.
a—a, profondeur du Whirlpool, le long de la ligne de coupe; b., profondeur de 200 pieds du côté de la rivière; c., profondeur supposée du chenal de la rivière, du côté est du Whirlpool.

chenal était plus profond que le Whirlpool proprement dit et que le plomb avait atteint soixante-dix-neuf pieds au-dessous du

lac Ontario. C'est une profondeur de huit à quinze pieds seulement moins que celle de la rivière en amont des rapides Whirlpool et ou que celle du chenal rapide recomblé révélée au pont Cantilever. Cependant le plomb n'avait pas été attiré dans la portion la plus profonde du chenal.

Tout mis ensemble il semble maintenant pour la première fois que les forces qui ont excavé les rapides Whirlpool ont agi à la même profondeur que dans la gorge en amont et dans le Whirlpool en aval des rapides. Ayant appris après plusieurs échecs comment sonder les rapides, je crois maintenant que l'on peut faire des sondages dans le chenal extérieur, mais pour découvrir une dizaine de pieds de plus de profondeur, cela ne vaut pas l'argent que ça coûterait. Dans le dernier de ces sondages le plomb a été particulièrement entravé par les contrecoups contre beaucoup de petites pointes comme s'il avait touché un bord déchiqueté de schiste Medina et non s'il était gratté et brillant de forts coups occasionnels sur du calcaire comme ceta était arrivé ailleurs; si bien qu'il est très probable que le chenal pré-glaciaire ne dépasse pas en profondeur plus de cinquante pieds au-dessous du niveau du lac, si même il y arrive.

Avant de quitter le Whirlpool il faut dire que le câble de suspension était transporté autour de l'étang dans une embarcation comme ou voit planche XIA. On a pratiqué aussi quelques sondages additionnels qu'on voit sur la carte et qui atteignirent vingt-quatre à quatre-vingt-dix pieds de profondeur.

SONDAGES EN AVAL DU DÉBOUCHÉ DU WHIRLPOOL.

En aval du débouché du Whirlpool il y a un déclivitée de sept pieds à peu près où l'eau devient encore plus paisible avant de passer aux rapides de Foster Flats. D'un endroit situé sur la voie du chemin de fer de la gorge, j'ai essayé d'envoyer un câble en travers de la rivière dans une embarcation

comme montre la planche XI B de la page vis-à-vis. Le câble attaché à un bout de l'embarcation était filé de la rive; l'embarcation atteignit le côté opposé et fut prise pris par un assistant, mais avant qu'il pût être débarqué, le courant l'a balayé si bien qu'il a fallu couper le câble pour sauver les hommes qui étaient emportés du côté d'un petit tourbillon où il y avait un danger réel. On a fait un autre essai en ayant une corde gisant dans le bateau à laquelle le câble était attaché, ce qui permettrait de la filer des deux bouts. Mais la corde ne servait à rien car elle était enlevée rapidement au fond de la rivière, et d'une façon mystérieuse 700 à 800 pieds de câble ont été coupés et ont disparu dans la rivière.

La rivière n'avait probablement jamais été traversée encore à cet endroit. Il a paru plus sûr d'essayer de traverser de New-York au côté canadien, mais cet espoir ne s'est pas réalisé. Il vaut beaucoup mieux traverser dans l'autre direction pour n'être pas entraîné dans les rapides d'aval. Une troisième fois, sur l'iniatiative de mon aide, quand le bateau était du côté opposé à celui où je me trouvais, ils attachèrent la corde et lui firent faire la traversée du côté de New-York où les hommes furent vite débarqués et la corde fut amarrée à un poteau; immédiatement après le courant la raidit et elle fut coupée net comme un fil. La rivière mesure là 640 pieds de largeur et si l'on compte le temps de hâler contre le courant latéral et de débarquer, cela a pris juste une minute et demie pour faire la traversée.

Ne pouvant poser le câble en travers, avant de faire un quatrième essai, les hommes qui avaient acquis l'expérience de ce genre de navigation dans ces courants décidèrent de faire les sondages, de l'embarcation où l'on avait maintenant embarqué un troisième homme. Les sondages se faisaient de chaque côté de la rivière, les hommes allant aussi loin qu'ils l'osaient puis revenant à moi pour faire les lectures. J'ai ainsi réussi à obtenir huit sondages de cette section et en traversant enfin,

PLANCHE XIA

Vue de la fin du Whirlpool avec l'embarcation portant le cable transversal pour pratiquer les sondages.

PLANCHE XIB

Vue de l'embarcation traversant les rapides juste en aval du débouché du Whirlpool et portant un cable de l'autre côté de la rivière pour pratiquer les sondages.

le plomb a été lâché et traîné pour obtenir la profondeur maximum qui était de quatre-vingt-dix-neuf pieds. La rivière est en cet endroit de trente-neuf à quarante pieds au-dessus du lac Ontario, si bien que la plus grande profondeur de la rivière est de soixante pieds au-dessous du niveau du lac Ontario. Ainsi la rivière est moins creuse que le chenal principal en amont de la bouche du Whirlpool. Du côté de New-York, il y a une tablette qui s'étend à quelque distance de la rive.

Je dois ici rendre hommage à la bravoure et à l'adresse de James Scott et d'Alexandre Léger dans la navigation de cette partie jusqu'à présent inexplorée de la rivière, car sans eux il est probable qu'elle resterait inconnue. Fred Scott était le troisième homme.

SONDAGES EN AVAL DE FOSTER FLATS ET JUSTE EN DEDANS DE LA GORGE.

Il était nécessaire de s'assurer de la nature de la rivière en aval des Foster Flats. La Ontario Power Company avait réussi à poser un câble en travers de la gorge, tendu du sommet de la gorge. Ce câble a été gracieusement mis à ma disposition par M. Banker Payne, gérant général. La rivière a perdu là beaucoup de sa profondeur qui n'est que de soixante-trois pieds. Ceci est à un niveau de dix pieds au-dessus du lac ce qui fait que les sondages atteignent la profondeur d'à peu près cinquante-trois pieds en dessous de la surface du lac Ontario. Nous trouvons que la profondeur est un peu moindre que dans le bief entre les Foster Flats et le débouché du Whirlpool. Mais, en cet endroit qui est à un mille et quart en amont de l'embouchure de la gorge, il y a encore un fort courant.

A un mille et demi dans la gorge et en face du deuxième pont du chemin de fer de la gorge, j'ai fait plusieurs sondages qui atteignent respectivement 138, 144 et 150 pieds. Ce chenal plus profond est du côté de New-York de la rivière. Un quart

de mille en amont de cet endroit, un ou deux sondages ont été pratiqués à une profondeur de 120 pieds, tandis qu'à peu

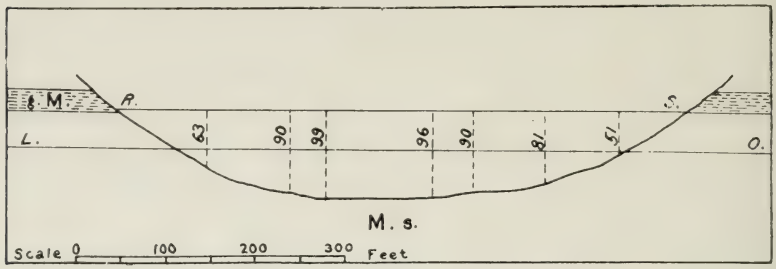


FIG. 10.—Coupe de la rivière, un quart de mille en aval du débouché du Whirlpool et en amont des Foster Flats.

près plusieurs centaines de verges en amont un autre sondage a donné soixante-dix-neuf pieds, bien qu'on n'ait pas encore entrepris des coupes transversales complètes de la rivière. En ces endroits, la rivière ne peut pas avoir plus de trois ou quatre pieds au dessus du lac Ontario, et, en conséquence, le chenal est là beaucoup plus profond que dans la partie supérieure de la rivière.

SONDAGES DE LA RIVIÈRE AU DELÀ DE L'EXTRÉMITÉ DE LA GORGE.

A l'embouchure de la gorge, trois sondages distancés de moins de 200 pieds ont été pratiqués depuis le pont suspendu. Les plus profonds ont quatre-vingt-dix-neuf pieds. Au moment où ils ont été exécutés je ne soupçonnais pas l'existence d'un

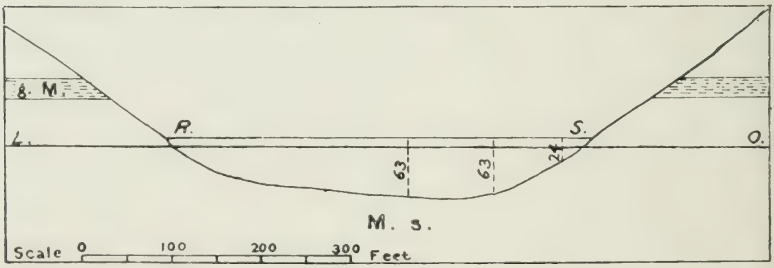


FIG. 11.—Coupe de la rivière en aval des Foster Flats à un mille et quart de la gorge.

chenal profond en amont aussi bien qu'en aval du pont. Il se peut que les sondages intermédiaires indiquent la continuation du chenal de 150 pieds de profondeur non comblé. Un tiers de mille en aval de l'extrémité de la gorge presque en face du dock de Queenston, le plancher dans le milieu de la rivière a atteint quatre-vingt-dix pieds, mais en passant du côté de New-York on trouve une gorge étroite d'une grande profondeur. On a fait là beaucoup de sondages atteignant 120, 135, 150, 171 pieds et même 182 pieds, montrant un grand abîme. La découverte de ce chenal est due au conseil de mon batelier James Humphrus qui ne pouvait pas trouver le fond en pêchant. Les sondages du service des lacs en aval ont

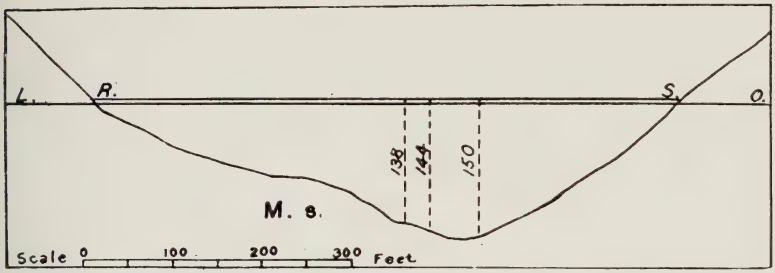


FIG. 12.—Coupe transversale de la rivière, un quart de mille en dedans de l'extrémité de la gorge.

atteint seulement une profondeur de quatre-vingt-seize pieds. Il y a un niveau de deux ou trois pieds au-dessus du lac Ontario. Le courant passe là à une vitesse de quatre à cinq milles à l'heure si bien qu'il y est difficile d'y stationner une petite embarcation.

Cette gorge noyée est étroite et ne dépasse pas 200 à 300 pieds de largeur. Ses murs sont aussi à pic, indiqués non seulement par le changement subit de profondeur mais aussi, en retirant le plomb de soude du côté ouest, la partie supérieure était courbée sur le tube interne de façon à indiquer un coup qui n'aurait pu être reçu qu'en tournant, en remontant, un banc suspendu. Et aussi en sondant près du côté est on a laissé traîner le plomb pour s'assurer de la pro-

fondeur. En ramenant le plomb, il s'est pris d'une façon tellement sérieuse qu'il a fallu que les hommes ramassent à reculons pour le dégager. Là à un tiers de mille au delà de la grande gorge du Niagara, il y a un cañon submergé coupant le chenal extérieur.

En comparant la preuve donnée là et celle donnée à l'intérieur de la gorge, j'ai découvert ce qui est maintenant une chute ou rapide noyé qui s'est formé quand le lac était de 180 pieds au moins plus bas qu'il n'est maintenant. Ceci était absolument inattendu étant donnée la matière physique de la rivière (voir figure 3, page 53), et s'est formé tandis que le Niagara était petit, sans quoi le chenal interne aurait été beaucoup plus large.

Un peu plus en aval, en face de Lewiston, la rivière laisse voir une profondeur qui ne dépasse nulle part quatre-vingt-seize pieds et en aval de cet endroit, elle est envasée ce qui cache entièrement l'ancien chenal, avec la rivière moderne variant de vingt à soixante pieds.

Dans le lac Ontario, au delà de l'embouchure de la rivière on observe la preuve de l'envasement dans le dépôt en forme d'éventail coupé par une auge d'une vingtaine de pieds d'eau et à son bord extérieur par soixante pieds à peu près après quoi il y a une déclivité soudaine du plancher jusqu'à 400 pieds quelquefois, mais c'est une auge pré-glaciaire et n'indique en aucune façon que le chenal du Niagara a été profond autrefois. De fait, c'est seulement le chenal profond décrit qui indique que les eaux du lac Ontario ont jamais été plus basses que quatre-vingt-seize pieds après la naissance de la rivière Niagara et il se peut même fort bien qu'il soit maintenant partiellement comblé.

SONDAGE EN AVAL DES RAPIDES D'EN HAUT.

Les sondages dans la rivière en amont des chutes ont été pratiqués par la Commission des lacs des Etats-Unis et le long

d'une ligne entre Chippawa et l'île Grasse, les profondeurs moyennes sont réduites à seize pieds. Un peu en aval de cette coupe un sondage a atteint soixante-douze pieds. Au sud, la

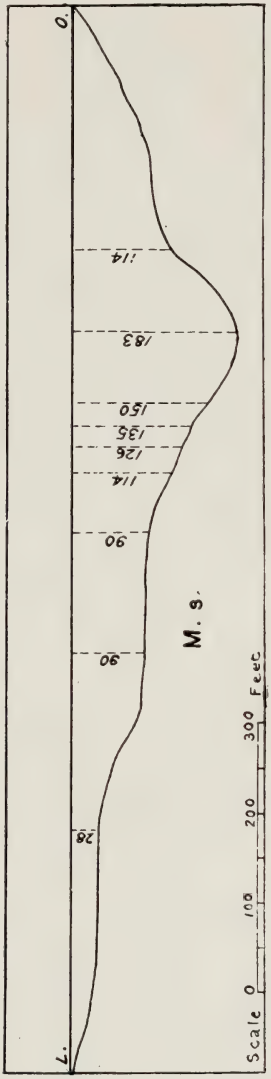


FIG. 13.—Coupe transversale de la rivière en amont du quai de Queenston, un tiers de mille à peu près au delà de l'extrémité de la gorge, montrant le chenal très profond de la rivièreNiagara avant les additions de la décharge du Huron (Découvert en 1905).

rivière augmente et atteint vingt pieds de profondeur et près de l'extrémité nord de Grand Island, elle est de trente-trois

pieds. La profondeur de la rivière en haut est très variable. Au point International, deux milles à peu près en aval du lac Erie, elle atteint cinquante-trois pieds, beaucoup plus bas que la barrière rocheuse à la tête du rapide en amont des chutes Niagara. À un mille et quart en amont du pont, elle est seulement de dix-sept à vingt-quatre pieds.

PROFONDEUR DE L'EAU AUX RAPIDES D'EN HAUT.

Cette profondeur est déterminée par le banc de roches produisant la cascade Greens et First. De la tablette de l'île Goat, au dehors, sur une distance de 400 pieds au moins jusqu'au chenal qui sépare l'île Sœur la plus éloignée, la profondeur de l'eau au stage ordinaire actuel peut être calculée à la moyenne d'un pied seulement, comme le montrent les planches XII A et B, page 83 (*Voir* aussi planches XXXI A et B). En amont de l'île Sœur, et au delà, il y a une chute de 6 à 7 pieds, planche XXI B, la profondeur est de deux à trois pieds et demeure ainsi sur une distance mesurée de peut-être 400 pieds, après quoi la crête montre une arête rocheuse avec l'eau encore réduite, si bien que parfois le banc se montre presque à nu. Cette condition peut se prolonger jusqu'au milieu de la rivière, après quoi jusqu'à la rive canadienne la rivière sst beaucoup plus profonde, atteignant par places jusqu'à douze et même quinze pieds comme dans un chenal près de la cascade inférieure, à l'avant-baie de l'Electrical Development, où l'on trouve dans le plancher des crevasses profondes de cinq pieds (*Voir* planches XIII, A et B,). Il peut par conséquent y avoir des chenaux locaux étroits et profonds.

A une distance de presque 1700 pieds de l'île Goat, la profondeur moyenne peut maintenant dépasser à peine deux pieds, bien qu'avant la division artificielle elle ait dû avoir un pied de plus. Le manque de profondeur de la première cascade n'est pas aussi visible quand la rivière dépasse l'étape moyenne. La profondeur moyenne du reste de la distance pour traverser

à la berge canadienne est supposée être de neuf pieds ou plus, tandis que James Wilson la met à moins de sept pieds, bien qu'il y ait des chenaux plus profonds comme cela a été indiqué. Sauf dans quelques-uns des chenaux de la première cascade à l'est de l'île Goat, la profondeur de la rivière ne dépasse pas une valeur moyenne de plus de trois à quatre pieds et moins d'un pied et demi sur les Chutes américaines (voir chapitre XXI). En conséquence on trouve que quatre-vingt pour cent de l'eau passe là du côté canadien de la ligne frontière.

En aval de la Première cascade, la profondeur varie beaucoup, comme on le voit sur les battures parmi les brisants.

PLANCHE XII A.

Vue de la cascade Greens, ou Première Cascade, par le travers de l'avant-baie de l'Ontario Power Co. (de la colline en amont, du côté ouest des rapides Supérieurs).

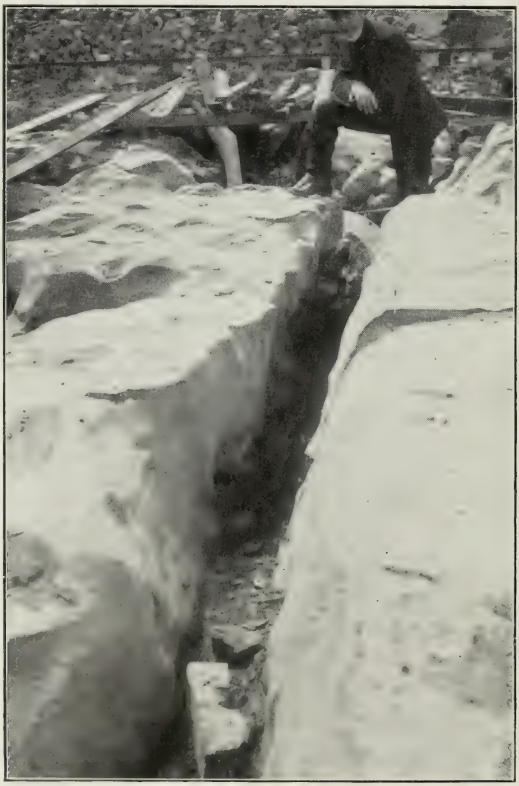
PLANCHE XII B.

Vue de la Première Cascade, chenal de New-York. (de l'île Goat.)

PLANCHE XIII A.

Vue du lit de la rivière à l'avant-baie de l'Electrical Company quand l'eau a été asséchée. Les jointages de la roche de fond ouverts par la dissolution du calcaire laissant séparés les massifs restés en place.

PLANCHE XIII B.



Vue de profondes crevasses entr'ouvertes dans la roche de fond par les courants de la rivière à l'avant-baie de l'Electrical Development Company.

CHAPITRE VI

STRUCTURE ROCHEUSE INFLEUNÇANT LE RETRAIT DES CHUTES

Structure rocheuse du plancher des rapides Supérieurs, joints, etc.
Effets de la vallée Falls-Chippawa sur les rapides d'en haul.
Mode de retrait des Chutes dans les formations rocheuses.
Profondeur de la puissance d'excavation des présentes chutes.

STRUCTURE ROCHEUSE INFLEUNÇANT LE RETRAIT DES CHUTES

En examinant les lignes de crête retraitantes on voit que la marche du retrait des chutes canadiennes varie suivant sa forme, suivant que c'est un croissant régulier ou qu'il est dentelé par une cime en forme de V, ce qui constitue ses traits alternants. La structure de la roche sous les rapides a dans une certaine mesure facilité l'œuvre des chutes. Le plancher rocheux sous ces rapides, en amont de la cataracte est partout composé de calcaire dolomitique dur en lits d'épaisseur variable, quelques-uns n'ayant que trois pouces tandis que d'autres sont massifs spécialement près du bord des Chutes. Ce plancher rocheux est partout jointé et ces joints qui sont ouverts forment des crevasses comme montrent les planches XIII A et B, qui sont des photographies du lit de la rivière temporairement asséché par l'Electrical Development Company.

Ces joints ouverts amènent leur plus fort effet d'érosion près du bord des chutes, car ils exposent des blocs de roches au terrible effet du courant déjà accéléré par une déclivité de cinquante pieds si bien que les massifs frontaux sont écartés et exposent davantage les lits inférieurs à l'action des chutes. Ces résultats sont bien montrés par la chute de Novembre mentionnée plus haut (voir planche XII, page 33).

En d'autres endroits de la tablette de l'île Goat, on voit que l'eau se précipite sur les blocs séparés et rebondit, ce qui produit l'effet d'éclaboussement des rapides.

Comme l'a remarqué il y a plus de soixante ans sir Charles Lyell, ces rapides en amont des chutes ne sont pas l'œuvre de la rivière Niagara mais sont des surfaces en pente qui datent de l'époque pré-glacière. J'ai découvert que le plancher rocheux des rapides était autrefois le siège d'une large vallée pré-glaciaire sans profondeur rouverte maintenant et formant le plancher du parc Queen Victoria du côté canadien, mais encore ensevelie à l'île Goat sur le côté de New-York. On a longtemps cherché la raison de ce bassin des chutes comblé et surchargé, de matériaux de transport, mais jamais avant mes récentes investigations on n'aurait réussi à découvrir que ce bassin borné d'un côté par les roches sous les rapides se reliait à la vallée ensevelie qui se prolonge au sud-est en contournant les rapides pour atteindre le village de Chippawa.

Le banc rocheux qui détermine la hauteur de la rivière est presque horizontal, parce qu'il croise presque perpendiculairement l'allure des lits. C'est cette structure qui donne une profondeur si uniforme à la lisière du bassin supérieure montré dans les planches XII et XXXI A et B.

La lisière à la Première cascade est un trait visible de la tête de l'île Goat à un point en amont des îles Dufferin et cependant, en approchant du côté ouest, sa hauteur est diminuée de plusieurs pieds parce que le plancher rocheux passe sous les dépôts de transports près des îles. De fait, si l'arête de transport qui a formé les berges de la rivière Niagara primitive avaient été un peu plus basse, le cours du chenal aurait été détourné d'un demi-mille plus ou moins à l'ouest où la roche de lit est plus basse que la cascade Greens. Ce changement aurait occasionné la reouverture de la vallée ensevelie avec l'abaissement du lac Erié et la formation d'une cascade à son débouché. Alors les rapides en amont des chutes ne se seraient pas formés.

Vue des deux chutes, avec les Rapides d'en haut, côté de descente d'une vallée pré-glaciaire. Distribution de l'eau dépendant du bord rocheux à la Première Cascade (Pris de la tour du couvent de Lorette, juillet 1905).

EFFET DE LA VALLÉE FALLS-CHIPPAWA SUR LES RAPIDES SUPÉRIEURS.

Cette vallée Falls-Chippawa don il vient juste d'être parlé a laissé son impression sur les rapides. Si l'on y jette les yeux depuis les collines qui les surmontent, comme le montre la planche XIV (page 87), on voit des eaux plus calmes en avant de l'usine de la Canadian Niagara Company et en aval des rapides aux ateliers de l'Electrical Development Company. Ces eaux occupent un chenal transversal allant obliquement de la partie la plus large du parc aux environs de la cime actuelle des chutes.

Les eaux qui se précipitent pour descendre la rivière sont détournées à ce chenal transversal vers la tablette de l'île Goat, empilant ainsi le plus fort volume d'eau pour accélérer la formation de la cime en avant des chutes retraitantes. Cependant, si l'on en juge par la pente de la rivière, l'augmentation de la cime montre que les chutes qui avaient jusqu'à présent retraité dans le lit de la vallée Falls-Chippawa en coupent maintenant le côté.

Ce fait explique certainement la marche récente du retrait en grande partie et aussi le fait que le sommet a à peine avancé en vingt années. La plus grande force des chutes s'est dépensée le long d'une ligne rapprochée du bord actuel de la tablette de l'île Goat, comme on peut le voir par le chenal profond de 192 pieds que j'ai trouvé au large de l'île Goat, tandis que le milieu de la rivière, en aval des chutes n'a que quatre-vingt-quatre pieds de profondeur. La chute de roches survenue en novembre, du côté est du sommet a causé un élargissement du chenal, trait qui continue. Après le levé de 1842, il y a eu un grand élargissement de la gorge sous la partie occidentale des chutes.

MODE DE RETRAIT DES CHUTES DANS LES FORMATIONS ROCHEUSES.

On doit s'attendre à l'avenir à beaucoup d'empiètement sur la partie supérieure de la tablette de l'île Goat par suite de l'action de déchaussement du courant principal de la rivière.

D'un autre côté, l'extrémité de la tablette protégée par de grands blocs en talus, et où il tombe peu d'eau peut rester comme trait permanent.

L'enlèvement de lourds blocs de roches immédiatement en dessus du lit de la rivière en amont des chutes ne devrait pas être perdu de vue car c'est une idée populaire que le retrait est entièrement dû au déchaussement par l'enlèvement des schistes tendres sous les strates de calcaire. Dans un certain cas, un lit seul mesure une épaisseur de dix-huit pieds et est du caractère le plus résistant. Et aussi, près de la base du calcaire, il y a un lit très massif en saillie sur lequel l'eau tombe, comme il vient d'être dit.

Les calcaires Niagara à la crête des chutes ont une épaisseur de quatre-vingts à quatre-vingt-huit pieds. Ils forment une corniche sur les schistes Niagara avec une épaisseur uniforme de soixante pieds. Ces derniers reposent sur une bande trés dure de calcaire Clinton ayant de huit à dix pieds d'épaisseur en dessous de la laquelle il y a des couches plus minces de calcaire Clinton—le tout s'élevant là à une vingtaine de pieds. Ces roches passent en partie en dessous de la surface de la rivière aux chutes (*voir* figure 2, page 50.)

L'Electrical Development Company a creusé un tunnel sous les chutes qui aboutit à 580 pieds en ligne droite de la ligne de rivage actuelle. Son lit repose dans le calcaire Clinton. On peut assister là aux effets imposants du dessous de la nappe d'eau qui tombe et plonge maintenant dans la chaudière bouillonnante. Du côté ouest, il y a un banc à talus mais à l'est du portail le banc a été emporté. A ce portail, le sommet des calcaires est à une douzaine de pieds au-dessous du niveau de l'eau ou 112 pieds au-dessus du lac Ontario. Sous les calcaires Clinton il y a cinq à six pieds de schistes Clinton (*voir* figure 2, page 50).

Pour la nature des roches sous la surface de l'eau, il est nécessaire d'examiner les affleurements plus avant dans la

gorge. Ceci peut se faire facilement car le caractère générale est remarquablement régulier après qu'on a fait déduction du pendage des strates. Le calcaire Clinton massif est d'une nature uniformément persistante. Sous les lits du Clinton, il y a une série de roches Medina dont l'épaisseur est d'environ quatre-vingt-cinq pieds. Ils se composent en majeure partie de schistes rouges et bigarré où sont interstratifiées diverses couches de grès rouge et bigarré bien que les couches supérieures de grès puissent être blanches. Ces couches sont très jointées verticalement et lamellées horizontalement, et bien que les couches de grès en quelques endroits atteignent une épaisseur de quatre pieds au moins, sur une épaisseur de quelques verges, elles sont brisées en minces couches avec des bandes intermédiaires de schiste (*voir* l'illustration de ces couches, planche XXI A page 165). La formation paraît être périssable et semble être très peu renforcée par des couches plus dures qui sont à la fois lamellées et jointées. A partir du sommet du Clinton, il y a une profondeur de 110 pieds à peu près jusqu'à la base de ces roches plus fragiles qui reposent sur le lit de grès Medina, épais de quatorze à vingt pieds. Cette dernière bande est durable et résistante, mais en raison des lamellations dues à la fausse stratification, ouvertes par l'action atmosphérique et celle de la gelée, elle ne paraît pas être aussi impérissable que les calcaires massifs, cependant, suffisamment pour donner lieu à des traits topographiques. Sous la bande grise, il y a le schiste rouge Medina avec des couches bigarrées, atteignant une profondeur de plusieurs centaines de pieds plus bas que la partie la plus profonde de la rivière Niagara. Par suite, une fois le grès enlevé, l'excavation avance rapidement jusqu'à ce que la force du courant de l'eau soit contrecarrée par la profondeur de la rivière.

Parmi les premiers sondages que j'ai pratiqués en amont de la ligne des chutes américaines, il semble que le grès gris Medina ait arrêté la force de la rivière. Ainsi, on a trouvé une

profondeur de quatre-vingt pieds seulement jusqu'à la terrasse dans le milieu de la gorge à 950 pieds de ln cime. En calculant, on a jugé que le sommet de la bande du grès Medina est à quatre-vingt-dix pieds à peu près plus bas que la surface, mais ceci ne semble pas avoir été une simple déduction faite pour le pendage de la strate, car dans ces courants violents, en enlevant les débris plus fins, mon sondage de quatre-vingt-quatre pieds doit avoir touché la surface de la bande grise (*voir* grande carte). Par suite, à son côté, j'ai trouvé une gorge noyée 108 pieds plus bas que la terrasse signalée (*voir* figure 5, page 62) juste en dehors de la limite des eaux écumantes de la tablette de l'île Goat. En cet endroit, quelques-uns des officiers du bateau avaient songé trouver une batture, comme je l'ai trouvée.

PROFONDEUR DE LA FORCE D'EXCAVATION DES CHUTES ACTUELLES.

Au moment du levé du professeur Hall rien dans la ligne de crête ne fait supposer un trait comme ce profond chenal latéral. Au début l'indentation en V de la ligne de crête représentée en 1819 était regardée comme ayant quelque rapport avec le chenal profond de 192 pieds. Mais les sondages récents sous les chutes n'atteignent pas plus de soixante-douze pieds et montrent donc que tel n'est pas le cas. Il y a certainement de grands blocs tombés mais les courants détacheraient les bouées des points plus élevés comme l'indiquent les écorchures sur le plomb. Comme la profondeur est seulement de douze à quinze pieds moindre que dans la rivière plus loin, cette absence de profondeur relative, paraît être due à l'agglomération rocheuse ou au soulèvement du plancher de la rivière, comme cela arrive sur l'ancien lit de la rivière que l'on voit maintenant près de la tête de l'anse à l'extrémité de la terrasse Wilson à Foster Flats, plancher lequel à l'extrémité de l'anse, il y a de gros blocs de roches tombés. Dans l'un ou l'autre cas

il semble maintenant que le retrait par minage en dessous est retardé par la pente en talus des gros blocs; mais il s'accomplit au moyen du sable et des petites pierres dans la marmite éparpillante qui moud les faces des schistes plus tendres et approfondit ainsi le lit de la rivière, derrière et sous les amas de roches tombées. A cette profondeur la formation rocheuse (figure 2, page 50), se compose de schiste Medina rouge et de substance bigarrée. Il peut y avoir entassemeut de vingt à trente pieds d'amas tombés où se produit l'érosion peut-être jusqu'à la limite de la bande puissante de grès gris Medina; c'est pourquoi la force d'excavation des chutes peut ne pas se limiter à quatre-vingts pieds mais peut atteindre 100 pieds sous la surface de l'eau. La réduction actuelle de la force d'excavation des chutes est due en partie au changement de direction de la gorge qui quitte à angle droit le cours du chenal préglaciaire. Ce trait se limite au retrait des mille derniers pieds depuis que Hennepin a vu les chutes pour la première fois. Mais il n'explique pas le chenal très profond qui exige un niveau plus bas de la rivière, dont cinquante pieds sont barrés par la hausse actuelle de l'eau aux rapides Whirlpool. Là se présente la question: les rapides Whirlpool sont-ils si récents? Il y sera répondu plus tard.

CHAPITRE VII

STRUCTURE ROCHEUSE DANS LA GORGE.

Puissance des strates et table des altitudes.
Pendage des strates.
Effets du pendage des strates sur la rivière.
Irrégularités des strates de couverture des calcaires Niagara.

PUISSANCE DES STRATES ET TABLE DES ALTITUDES.

Tous ceux qui ont visité les chutes ont pu voir que les mêmes grands bancs de roche reposent en quelques endroits horizontalement et à d'autres se soulèvent légèrement et pendent. La puissance générale des formations et leur caractère a été depuis longtemps un des sujets de l'étude du district de Niagara qui a valu le nom de Formation Niagara aux couches supérieures de calcaires et de schistes. Je crois que les premiers mesurages différentiels pratiqués pour déterminer l'effet des strates sur le retrait des chutes ont été faits par moi et ont paru dans "Duration of Niagara Falls" publié en 1894,[1] mais les mesurages donnés étaient partiellement barométriques et pas assez exacts pour les détails plus complets du présent ouvrage qui est basé sur des déterminations scietifiques. [2]

Les mesurages des diverses formations de roches sont pris en divers endroits de façon à faire ressortir les caractérisques des couches quant à leur puissance et à leur pendage ou pente qui ont une influence sur les chutes. Ces données sont netlement exprimées dans la table qui suit qui sert aussi de base pour montrer les formations de roche dans les diverses coupes. Elles servent aussi à déterminer la direction et la force du pendage des diverses strates dans le cours de la gorge du Niagara.

1 Amer. Jour. of Sci. Vol. XLVIII, page 457, 1894.

2 Ces déterminations ont été etablies en prenant les niveaux en divers endroits pour cette étude et par triangulation de certaines strates inaccessibles dans la gorge par M. Geo. A. Rucker et par les mesurages des différentes compagnies d'énergie.

TABLE DES ALTITUDES DES STRATES DANS LA GORGE DU NIAGARA

Au-dessus du lac Ontario	Embouchure de la Gorge, côté est	Embouchure de la Gorge, côté ouest	Près du Devil's Hole, côté est	En amont des Foster Flats	Pointe Whirlpool côté est	Au pont du Grand Tronc côté est	
Surface du sol (adjacent)	333	345	340	330	345	348	326
Surface du calcaire Niagara près ou au bord du canon	322	322	312(+10)	305(+25)	330	291	300
Sommet du schiste Niagara	309	(301)	(269)	256	(256)	236	(236)
Sommet de la bande épaisse de calcaire Clinton	248	240	209	195	195	175	
Sommet du schiste Clinton	225	(218)	(189)	(176)	(176)	(155)	(155)
Sommet de la série Medina	219	(212)	(184)	(170)	(169)	(150)	(150)
Sommet de la bande de grèis gris Medina	135(+6)	133	.....	71	70	63	(63)
Base de la bande grise et sommet du schiste rouge Medina	(120)	111	.....	57	56	(41)	(41)
Au-dessus du lac Ontario							
Surface du sol (adjacent)	374	374	.....	.....	322	316	324
Surface de la roche (adjacente)	272	264	.....	.....	(312)	(305)	312
Surface du calcaire Niagara près du bord du canon	262	254	257	271	.....	.....	.....
Sommet du schiste Niagara	186	175	166	160	178	164	.....
Sommet de la bande épaisse de calcaire Clinton	126	116	104	(100)	118	102	.....
Sommet du schiste Clinton	105	96	.....	.....	.....	.....	.....
Sommet de la série Medina	99	90	.....	.....	.....	.....	.....
Sommet de la bande de grès gris Medina	(15)	(5)	.....	.....	.....	.....	.....
Base de la bande grise et sommet des schistes	(—5)	(—5)	.....	.....	.....	.....	.....

Sommet de bande épaisse de Clinton au Portail de la Niagara Power Company, 145 pieds au-dessus du lac Ontario. Les chiffres entre parenthèses sont empruntés, les autres sont observés.

De l'embouchure de la gorge au Whirlpool et au pont du chemin de fer Grand Tronc le pendage est de 1 pour deux cent. Sud 60° ouest.

Entre les puits de l'Ontario Power Company (près de l'usine de force motrice). Prise d'eau de la New York Niagara Company et du puits de l'Electric Development Company, le pendage est 1 pour 160. Sud 25° est.

Entre l'usine de force èlectrique de l'Ontario Power Company, le puits de l'extrémité nord de la Canadian Niagara Company et le puits de l'extrémité sud de l'Electrical Development Company, le plongement est de 1 en 110. Sud 25° ouest.

PLONGEMENT DES STRATES.

D'après les données fournies par les tables et indiquées dans les coupes cotées on peut déterminer que le plongement moyen des strates, de l'embouchure de la gorge aux ponts de chemin de fer ou en amont a une direction S. 60° et s'élève à un sur deux cents ou seulement vingt-six pieds par mille. Avant de recueillir tous ces renseignements au sujet du plongement des roches on a remarqué que les lits ont été dérangés à la pointe Hubbard à peu de distance en amont des ponts de chemin de fer (*voir* planche XVI B. page 125). De fait cette pointe a joué un rôle critique dans l'histoire des chutes comme on le verra plus loin. De là au sud, il y a un plongement général moyen de un pour cent-soixante S. 25° E. ou trente-trois par mille. D'affleurements au parc Victoria et de forages des compagnies d'énergie, il résulte un plongement local de un sur cent-soixante S. 25° O. C'est un rejet ou une torsion dont l'axe croise la gorge dans le voisinage de la pointe Hubbard où l'on trouve la plus haute arête de calcaire Niagara.

Ces maigres détails semblent expliquer l'existence du banc à la Première Cascade allant de l'île Goat à la rive canadienne. Il y a en substance une surface horizontale, sauf quand elle est dérangé près de l'extrémité occidentale et par le commencement de l'ancienne vallée qui passe sous les collines de transport avoisinantes. Ceci donne naissance à une rivière large et virtuellement basse d'une profondeur uniforme. Cette arête forme la Première Cascade et est en réalité la lisière du bassin Erié sur laquelle passent les eaux pour sortir.

EFFETS DES STRATES PLONGEANTES SUR LA RIVIÈRE.

Des chutes Niagara, sur un espace d'un peu plus de deux milles jusqu'aux ponts de chemin de fer, les strates s'élèvent de soixante pieds avec des variations dans le plongement des couches en raison du changement de direction de la gorge. Des

ponts de chemin de fer au Whirlpool les lits sont horizontaux autant qu'on peut en juger, mais en réalité, ils plongent légèrement transversalement à la rivière, ce qui tend à rejeter du côté canadien les eaux plus profondes. Après avoir passé ce mille de distance, la rivière tourne à angle droit à l'embouchure du Whirlpool et croise obliquement les lits en pente. En aval, la gorge s'étend sur un mille et demi jusqu'au Devils Hole, distance sur laquelle les lits se soulèvent de trente-cinq pieds. Là, le cañon tourne à angle aigu et se prolonge en ligne droite jusqu'à son embouchure, à deux milles en aval. Le long de cette portion de la gorge, les strates s'élèvent de huit pieds à peu près de plus, du côté est que du côté ouest.

La nature des roches a été décrite d'une façon générale en examinant les formations sous les chutes. Il y a une remarquable régularité dans la puissance et la nature des différentes formations sauf que le calcaire supérieur s'amincit en passant au nord vers le bord de la "montagne". D'un autre côté, là où le calcaire supérieur aurait dû être le plus épais, la surface a été profondèment dénudée, et a formé des vallées anciennes, ensevelies par les matériaux de transport quand celui-ci n'a pas été enlevé.

Les vallées ont eu plus à faire avec la modification de la marche du retrait que les variations de l'épaisseur du calcaire. Sous le lit de couverture de calcaire Niagara, il semble n'y avoir pasde raison pour que la marche du retrait des chutes ait modifiée par le caractère changeant des lits sous-jacents été eux-mêmes.

En continuant à descendre, les strates inférieures s'élèvent dans le cañon après quoi la pente de la rivière s'abaisse. Par suite, l'effet sur les chutes des lits plus durs ou plus tendres peut se déterminer en n'importe quel point et dépend réellement de la hauteur des chutes en un endroit particulier tandis que le volume de l'eau reste constant.

Actuellement, toutes les formations Niagara et Clinton ont été traversées. Même sous les chutes elles-mêmes, la couche dure de calcaire Clinton ayant une puissance de huit ou neuf pieds dans une couche est à douze pieds seulement au-dessus de la surface de la rivière; mais là, toutes les couches sous-jacentes ont été enlevées jusqu'à la bande dure de grès gris Medina qui fait partie du plancher de la rivière. Ce lit s'élève et la rivière se baisse tellement qu'elle constitue la formation à l'embouchure du Whirlpool au-dessus comme au-dessous de sa surface. De cet endroit on le voit s'élever jusqu'à une hauteur de 133 pieds au-dessus du lac Ontario du côté ouest de l'embouchure de la gorge.

Partout en aval du Whirlpool, la rivière coule sur les lits schisteux de la série Medina. Mais il n'en a pas été toujours ainsi dans l'histoire de la rivière, car, à certaines époques, le calcaire dur Clinton et le grès gris Medina ont donné naissance à des chutes secondaires qui plus tard se sont unies à la cataracte principale. Il y a une tendance dans ces formations à produire trois cataractes, comme aux chutes De Cou quelques milles à l'ouest et à Swazee au delà dans les "Short Hills". Il se présente un cas plus notable dans la rivière Genesee à Rochester, où il y a trois cataractes.

Les détroits du chenal en passant Foster Flats sont occupés par des rapides impétueux en dessous du niveau du grès et ils sont dus à des obstructions par de grosses roches de calcaires et de grès tombés dans la rivière. On peut même supposer que les rapides Whirlpool doivent leur origine en partie à la bande Medina qui produit une cataracte, mais là on a trouvé le chenal encore plus profond comblé par les blocs de calcaire tombés, ce qui montre que cette supposition est erronée.

La formation Clinton sous les soixante pieds de schiste Niagara se compose de vingt pieds à peu près de calcaire surmontant cinq à six pieds de son propre schiste. Comme le terme supérieur de celui-ci est généralement composé de cal-

caire très compact, dans un lit unique de huit à neuf pieds d'épaisseur, il donne naissance à un trait topographique très marqué si bien que partout dans la gorge, il ressort et forme une tablette qui reçoit les débris croulants des lits suspendus. Il est complètement prouvé dans la terrasse Wilson et le ravin Smeaton que ces éléments forment le plancher de chutes secondaires. Ces traits ont une telle importance qu'ils devront être étudiés dans un chapitre spécial.

La grande terrasse de Foster Flats est un reste de l'ancien fond de la rivière surmonté par le grès Medina d'où descendait plus loin dans la gorge, la troisième cataracte.

IRRÉGULARITÉS DES STRATES DE COUVERTURE DU CALCAIRE NIAGARA.

La bande de couverture du calcaire Niagara au débouché du cañon est réduite à quelques pieds d'épaisseur, bien que la formation atteigne 140 pieds au moins à la tête des rapides en haut des chutes. Comme il a déjà été dit, la puissance est très réduite dans l'auge adjacente aux chutes dans le parc Queen Victoria d'un côté et à l'île Goat de l'autre. Cette auge Falls-Chippawa a été affouillée à une profondeur de soixante à quatre-vingts pieds dans la roche de surface de la région, tandis que dans le voisinage de la pointe Hubbard, les calcaires Niagara atteignent leur plus forte altitude formant l'arête Lyell transversale au cours de la rivière, jusqu'à une hauteur de soixante à centdix pieds au-dessous de l'auge signalée. Bien que l'arête soit haut le cañon l'a découpée. Si l'on ajoute à ce trait de surface irrégulier, la vallée ensevelie Whirlpool St-David, on peut trouver les causes des grandes variations de retrait des chutes dues aux traits topographiques. En aval du Whirlpool et aussi près de l'extrémité du cañon il faut traverser d'autres arêtes rocheuses transversales sans hauteur importante.

Si l'on en peut juger par l'aspect, il y a dans la structure des roches peu de chose qui puisse amener une grande variation dans le retrait des chutes durant aucune période de hauteur constante ou de débit modérément uniforme dans le volume de la rivière. L'abaissement des chutes à l'embouchure de la gorge devrait compenser les effets de l'absence d'épaisseur des roches dures de couverture. Les variations dans le retrait du Niagara, tout bien considéré, dépendent du changement de volume et de du debit de la rivière et du croisement des roches plus hautes ou des vallées ensevelies, par suite de l'ancienne topographie de la région.

La structure des roches, en leur qualité d'anciennes formations géologiques peut faire l'objet d'une étude spéciale, indépendamment de son effet sur la rivière Niagara. Connaissant le caractère général des formations relativement à la gorge, il serait bon de voir ensuite quelle œuvre a été accomplie par la rivière en différents endroits en dehors de ces causes.

CHAPITRE VIII.

CARACTÈRE DE LA GORGE EXCAVÉE PAR LA RIVIÈRE NIAGARA

Préface.
Chenal profond au delà de l'éxtrémité de la gorge et rapides noyés ou chutes.
Biefs inférieurs des sections de la gorge.
Ravin Smeaton.
Bief Foster et trou du Diable.
Bief des rapides Whirlpool.

PRÉFACE.

Depuis que les hommes ont commencé à penser sérieusement à l'origine de la gorge qui s'ouvre à la cataracte des chutes du Niagara peu de personnes supposent que le cañon est dû à autre chose que l'excavation par les chutes. Même dès 1789 au moment où la croyance à l'éternité de la terre était à peine disparue, Andrew Ellicott hasardait une hypothèse sur le temps que les chutes avaient pris à reculer de l'embouchure du cañon à leur site d'alors.[1] Un demi-siècle plus tard, un géologue distingué attribuait la formation de la gorge à des failles et des fissures de la croûte terrestre: mais c'était alors l'époque où la théorie des failles servait de manteau à toutes les ignorances.

L'idée que les chutes du Niagara avaient eu au commencement présupposait que les eaux de l'Erié étaient autrefois à peine au-dessus du lac Ontario qui s'est abaissé plus tard. En 1837, M. Thomas Roy[2] a mesuré d'anciennes lignes de plage auprès du lac Ontario qui indiquaient que l'eau de ce lac avait été aussi haute que celle du lac Erié. Plus tard, le professeur R. Bell de la Commission géologique a décrit, à la tête du lac Ontario, l'existence de plages de haut niveau.[3]

1 Site mentionné, page 22.
2 "Géologie du Canada 1863."
3 "Géologie du Canada 1863."

Cette découverte a encore été amplifiée par l'auteur en 1882.[1] L'application spécifique de l'élévasion de l'ancien niveau du lac à la réduction de la déclivité des chutes et les calculs subséquents de la diminution de puissance d'excavation n'ont pas été publiés avant l'apparition de mon livre "Duration of Niagara Falls" en 1894.[2] Dans le travail cité, j'ai donné peu d'importance à la hauteur des chutes à leur naissance, mais j'ai principalement pris en considération le niveau du lac quand il avait 135 pieds de plus que maintenant. Les omissions dans ce travail sont maintenant comblées. Je puis dire avant tout que j'ai fait le levé du chenal de la rivière et que j'ai marqué ses frontières telles qu'elles étaient juste avant la naissance des chutes.

LE CHENAL PROFOND AU DELÀ DE LA GORGE.——RAPIDES NOYÉS.

La première coupe transversale de la rivière Niagara est prise à 1800 pieds à peu près en aval du débouché de la gorge. Là, le chenal n'est pas dû à la cascade des eaux de la platière du plateau Niagara ou des grès Medina faisant saillie des côtés del'escarpement, car la coupe sort beaucoup des anciennes limites des chutes. En cet endroit, les berges de la rivière ont de soixante à soixante-quinze pieds de hauteur avec de plus hautes pentes de la terre immédiatement au delà s'élevant à 100 pieds au moins. La formation rocheuse est du schiste rouge Médina. La largeur de la rivière est de 1,200 pieds au moins et la moitié occidentale du plancher se creuse à quatre-vingt-dix pieds en dessous de la surface, (*voir* figure 13, page 79).

Ce plancher est tranché par une gorge étroite descendant à 183 pieds en dessous de la surface de la rivière ou 300 pieds environ plus bas que la plaine avoisinante de schistes rouges. Ce chenal intérieur a de 200 à 300 pieds de largeur. La petite rivière y coulait quand l'eau d'Ontario était à 180 pieds ou

1 "Geology of Region, about western end of Lake Ontario," T. W. Spencer, Can. Nat. Vol. X., 1882.

2 Amer. Journ. Sci. déjà cité.

peut être plus au-dessous de son niveau actuel. L'affaissement des eaux d'Ontario a mis en existence une chute plus basse cascadant du grès Medina; et les rapides noyés maintenant, en aval des chutes nouvelles, ont excavé le chenal à cette profondeur. Les sondages les plus profonds connus en aval de cet endroit ne dépassent pas quatre-vingt-six pieds, si bien que la découverte de ce chenal de rivière est très importante en ce qu'elle prouve qu'après la naissance des chutes Niagara la déclivité de la rivière est devenue de 180 pieds plus grande que maintenant et car le remplissage paraît avoir éclipsé la partie la plus profonde.

LE BREF INFÉRIEUR DES SECTIONS DE LA GORGE.

La gorge du Niagara commence à Queenston et à Lewiston où le pont suspendu croise le débouché. La coupe que montre la figure 14, est située à 600 pieds à peu près en dedans.

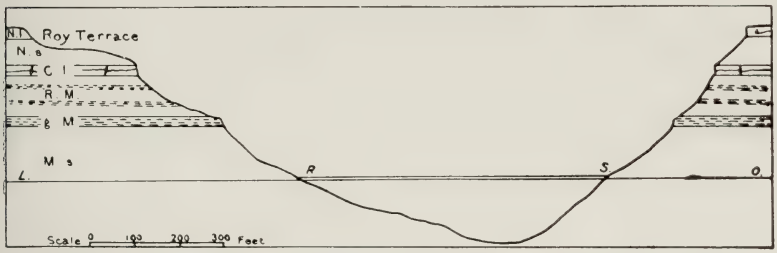


FIG. 14.—Coupe de la gorge Niagara à 600 pieds à peu près en dedans de son extrémité. R.S., surface de la rivière; N.s., schiste Niagara; L.O., niveau du lac Ontario; N.I., grès Niagara; C.I., calcaire Clinton; R.M., schiste et grès Medina; g.M., grès gris Medina; M.s., schiste Medina. Les échelles horizontales et verticales sont les mêmes.

Elle mesure 1,350 pieds de largeur. Du côté occidental, il y a la terrasse Roy sous le monument de Brock, à un altitude de 285 pieds et à une largeur de 300 pieds environ avec le plateau s'élevant à 340 ou 345 pieds au delà. La terrasse était le plancher de la rivière à la naissance des chutes Niagara et sa hauteur et ses traits ont été décrits au chapitre IV.

La rivière au pont a plus de 600 pieds de largeur et 750 pieds, juste en amont. Elle atteint une profondeur de 150

pieds à un quart de mille en dedans du cañon tandis que la surface de la rivière ne peut pas être à plus de trois ou quatre pieds au-dessus du lac Ontario. Au monument de Brock le terrain est à 329 pieds au-dessus du lac. Les pentes des talus ont 300 à 400 pieds ou plus de largeur et vont de la base du calcaire Niagara, (qui n'a que douze pieds d'épaisseur et augmente à vingt ou trente pieds aussitôt après le bord de l'abîme) et descendent jusqu'au bord de l'eau. En cet endroit, il y a de petits ravins dans les lits supérieurs, de chaque côté mais il ne dépassent pas l'état de coulées.

A 7,000 pieds à peu près de son embouchure, le câble de l'Ontario Power Co., traverse la rivière. Le cañon mesure là 1,145 pieds de largeur et la largeur de la rivière n'est que de 480 pieds. Le terrain au bord de la gorge est à 318 pieds du lac Ontario, tandis que la profondeur de la rivière est de soixante-trois pieds ou cinquante-trois pieds au-dessous du niveau du lac. Ce premier bief du cañon du Niagara se prolonge en amont de Niagara University en ligne presque droite sur une distance de 9,000 pieds de l'embouchure de la gorge (1—1 sur la carte) avec une allure septentrionale. Là, elle s'infléchit brusquement à l'ouest.

RAVIN SMEATON.

L'existence de ce trait curieux a paru longtemps inexplicable, mais elle a réussi à constituer un repère qui comble un intervalle dans la première histoire des chutes du Niagara. Cet accident topographique est situé à 4,000 pieds en amont de la gorge et constitue un vrai cañon long de 500 pieds et large de 150 pieds limité par les murs perpendiculaires des calcaires Niagara sur les schistes qui dans la partie la plus profonde du ravin sont couverts de talus descendant jusqu'à la bande de calcaire Clinton à la profondeur de 90 pieds, à peu près plus bas que la surface du pays. Cette bande calcaire a cependant été incisée elle-même sur une dis-

tance de cinquante pieds dans le front de la gorge, mais, se trouvant à un niveau inférieur elle est actuellement entaillée sur une longueur de 200 pieds. De la bande de Clinton, il y a une petite chute de trente-cinq pieds avec des rapides en aval jusqu'à cinquante pieds ou jusqu'à un niveau de 175 pieds au-dessus du lac.

A une époque, le ravin Smeaton doit avoir été muni d'un cours d'eau de près de cinquante pieds de largeur. Aujourd'hui il y coule seulement un filet d'eau comme ceux qui se produisent après les pluies. Ce filet n'a même pas pu se creuser un chenal sans profondeur sur la surface rocheuse qui précède.

La carte montre comment la berge occidentale de la rivière primitive contourne un élargissement lacustre et embrasse juste le ravin Smeaton. Elle indique aussi qu'en amont il y a une berge insulaire de dépôts de rivière ou une barre dans le milieu du lac qui a été esquissée sur la carte après avoir pris les niveaux de sa hauteur si bien qu'elle peut s'étendre un peu plus loin qu'elle est dessinée.

Lorsque les chutes Niagara eurent retraité jusqu'au ravin Smeaton le cours d'eau coulait derrière l'île que montre la carte. Cela a produit une chute transversale. A mesure que les chutes Niagara retraitaient, le chenal de la rivière qui s'était étendu s'est égoutté après avoir passé un peu plus haut que l'île, parce que l'approvisionnement d'eau de la chute transversale était coupé. Cela n'a pas dû arriver avant que les chutes Niagara eussent atteint l'angle du cañon, 4,000 pieds environ en amont du ravin Smeaton. En tout cas, les chutes ont dû entailler une longue distance en arrière avant que la chute transversale cessât de couler. Les chutes américaines modernes n'ont pas affouillé plus de 200 pieds en 600 années, depuis que les deux cataractes se sont séparées avec sept pour cent du débit total de la rivière descendant 167 pieds et dernièrement, un peu plus. La chute Smeaton avait seulement une très petite proportion de quinze pour cent du volume actuel.

Il y a aussi un autre côté à son histoire. Le calcaire Clinton dans le ravin est entaillé seulement à son extrémité inférieure. Cela montre que le niveau de la rivière était seulement à peu près celui des calcaires, autrement la chute Smeaton, n'aurait pas eu une déclivité plus forte et aussi que la seconde cataracte de la grande rivière était juste arrivée là quand la chute Smeaton a cessé d'exister, laissant seulement le profond cañon latéral. Dans ce ravin se conserve la preuve de la hauteur de la cataracte supérieure durant la portion moyenne de l'étape Erié des chutes du Niagara, tandis que les terrasses à l'embouchure de la gorge et aux Foster Flats enregistrent sa hauteur dans ses premières et dernières parties.

LE BIEF FOSTER.——TROU DU DIABLE.

De l'endroit signalé au delà de l'infléchissement de la rivière, le Bief N° 2 (11-11 sur la carte), va jusqu'au débouché du Whirlpool 8,800 ou 9,400 pieds plus loin, jusqu'au centre de la gorge Whirlpool. Le Whirlpool se prolonge de telle façon que en direction oblique, la ligne indiquée irait un millier de pieds plus loin jusqu'au bord opposé de la gorge. Mais cette addition ne peut pas se faire à la longueur médiane du cañon.

Ce second bief est peut-être le plus important de toute autre partie du cours du Niagara et en même temps le plus complexe. La rivière Niagara primitive en dehors de la gorge a été relevée par moi-même dans cette région. Elle s'élargit en un petit lac le long de la partie supérieure du bief N° 1, (*voir* la grande carte) comme cela a été décrit en traitant du ravin Smeaton. Et aussi, la gorge, dans le deuxième bief s'élargit jusqu'à 1,750 pieds et comprend les Foster Flats, mais cela est indépendant du chenal de surface extérieur. Quelques-uns de ces changements du physique de la rivière ont été décrits dans un travail publié en 1894.[1]

1 "Duration of Niagara Falls," Amer. Jour. Sci. Vol. XLVIII, p. 464, 1894.

Le trou du Diable qui est une cave à cinq ou sept pieds de son débouché, dans une base de calcaire Niagara, s'ouvre dans un cañon latéral fortement sculpté mais plus petit que le ravin Smeaton.

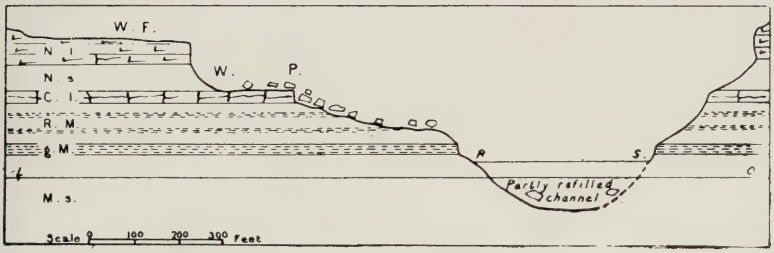


FIG. 15.—Coupe transversale de la gorge à Foster Fats. (Légende semblable à la précédente) W. T. Terrasse Wintergreen; W.P., Pointe Wilson, saillie de la terrasse de calcaire Clinton, d'où une arête surmontée de gros blocs se prolonge jusqu'à la rivière.

Foster Flats mesure 3,600 pieds de longueur, l'extrémité inférieure commençant à 2,300 pieds en amont de la fin du bief N° 1. A cette extrémité supérieure, il y a une petite baie remarquable appeleé Cripson ou le Remous du Pêcheur. La rivière est reduite à une largeur de 280 pieds dans la partie la plus étroite des rapides Foster bien qu'elle ait une largeur de 900 pieds immédiatement en amont.

A Foster Flats, il y a un reste de terrasse proprement dite qui formait le plancher de la rivière. Il y a là aussi la terrasse

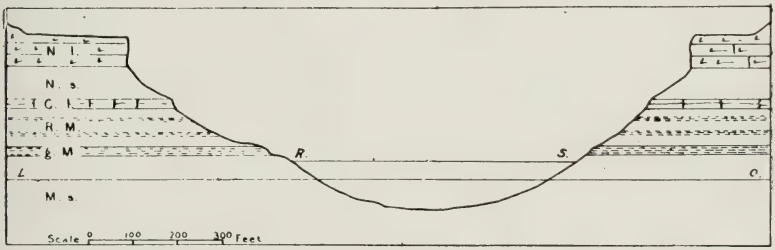


FIG. 16.—Coupe de la gorge à un quart de mille en aval de la bouche du Whirlpool.

Wilson, où il existait une cataracte tombant du calcaire Clinton. Suspendu, il y a le plateau Wintergreen, reste de l'ancien plancher de la rivière Niagara, d'où tombaient autrefois en

cascades les chutes principales. La figure 15 est une coupe en cet endroit.

Dans la gorge en aval des Foster Flats les sondages montrent un maximum de profondeur de soixante-trois pieds ou cinquante-trois pieds au-dessus du niveau du lac Ontario. En conséquence, le chenal est six pieds plus haut qu'en amont des Foster Flats. Le point le plus profond en aval n'a peut-être pas été encore trouvé, mais quoiqu'il soit si rapproché de celui de la coupe en aval du débouché du Whirlpool, l'histoire des chenaux en ces deux endroits a été entièrement différente. Il n'y a pas là non plus de chenal plus profond intérieur. Il se peut bien que le lit réel du chenal en avant de Foster Flats ait moins de profondeur que la rivière en amont, mais il est

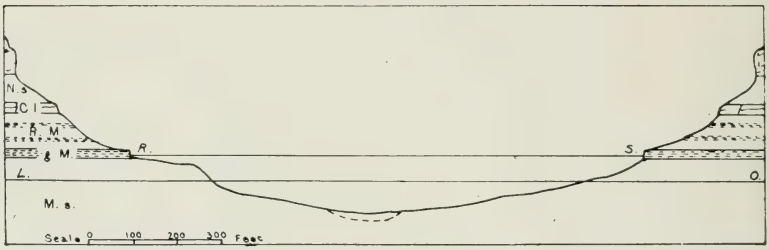


FIG. 17.—Coupe transversale de la gorge au Whirlpool, entre la pointe Thompson et le ravin Colt. La ligne pointillée montre le fond de la rivière en dehors de cette ligne.

réoccupé par de grands blocs de roche abattue, comme ceux des berges adjacentes à ces étranglements, en un endroit à peu de distance de leur tête, où les piles de blocs détachés se prolongent jusqu'aux bords de la rivière, indiquant la présence d'assez de matériaux pour n'importe quelle obstruction et suffisants maintenant pour maintenir l'eau à vingt ou vingt et un pieds plus haut qu'en aval des flats (*voir* figure 15 et 28). Par suite de la vélocité du courant parmi ces cailloux, la profondeur des rapides est sans importance et n'a aucune portée sur l'excavation de cette partie du cañon. En amont de Foster Fats la forme elleptique de la gorge se contracte et devient une largeur uniforme de 1,250 pieds à peu près. La coupe du

cañon entre cet endroit et le Whirlpool est donnée dans la figure 16.

BIEF DES RAPIDES WHIRLPOOL.

Les berges de la vieille rivière se voient à la bouche du Whirlpool. Mais elles tombent dans l'étude de celles du chenal de la rivière primitive. La bouche de la gorge Whirlpool s'élargit à un maximum de 1,750 pieds, tandis que celle de la marmite est de 1,150 pieds de large au bord de l'eau. Le bassin est un prolongement de mille pieds de ce qui serait le cours naturel de la rivière formant maintenant un remous ou tributaire de la rivière proprement dite, semblant avoir été le chenal ancien de la rivière elle-même.

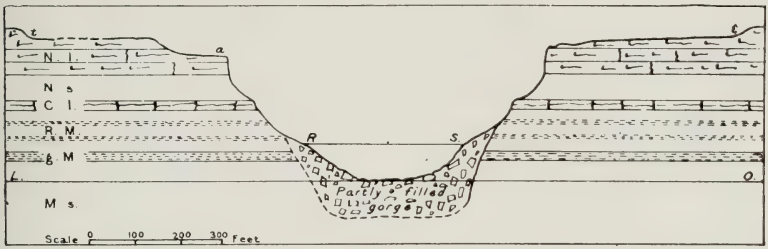


FIG. 18.—Coupe transversale des rapides Whirlpool à l'endroit le plus étroit, un tiers de mille en aval du pont du Grand-Tronc. (Légende comme précédemment) t t, Limites de la rivière primitive; a, terrasse de roche pré-glaciaire inférieure.

La tête du Whirlpool est bordée de berges, d'argile, sable, et gravier, jusqu'à une hauteur de 300 pieds au-dessus de sa surface (voir planche XI A, page 73). Une coupe transversale est montrée dans la figure 17, où la profondeur maximum du Whirlpool est de 102 pieds, mais dans la rivière, juste au delà on a trouvé 126 pieds sans avoir pu mesurer la plus grande profondeur de la rivière (page 70). Cela montre une profondeur de soixante-dix-neuf pieds en dessous du niveau du lac ou vingt pieds de plus que celui de la rivière, entre le débouché du Whirlpool et la tête de Foster Flats; et seulement huit à quinze pieds de moins que la plus forte profondeur du chenal supérieur que l'on pourrait s'attendre à trouver aussi là si l'on pouvait

foncer le plomb à 200 ou 300 pieds plus bas que le dernier point sondé. Immédiatement en amont du Whirlpool (à la pointe St-Clair), la gorge est réduite à une largeur de 1,000 pieds, mais, juste au delà, il y a un court élargissement de 1,200 pieds. Puis, la gorge se contracte rapidement pour former les Narrows des rapides Whirlpool. Là l'abîme est réduit à 700 pieds au plus et le chenal lui-même est contracté à 350 pieds de largeur.

Tous ces traits se trouvent dans le bief N° 3, qui va de l'extrémité du Whirlpool en une courbe étendue jusqu'à un point à 500 pieds en amont du pont Cantilever ou sur une longueur totale de 6,200 pieds à partir du milieu de la rivière proprement dite au Whirlpool. (VII.--IV.) En remontant du bief N° 2, au bief N° 3, le cours de la gorge s'infléchit de pas moins de 110° vers le sud-est. Il y a là une coupe de la rivière qui a beaucoup appelé l'attention.

Il y a plus de soixante ans, Sir Charles Lyell a cru[1] reconnaître dans le prolongement du Whirlpool de la gorge le cours de l'ancienne rivière Niagara. C'était certainement le cours d'une ancienne rivière, mais pas celui d'une rivière Niagara égouttant le bassin Erié a l'époque pré-glaciaire[2].

Au pont Cantilever, la rivière fait voir une profondeur maximum de quatre-vingt-six pieds; et un chenal enseveli se prolonge à 185 pieds en dessous de la surface. (*Voir* figure 21, chapitre XII)[3]. Au-dessus de la surface de l'eau le mur de la gorge s'élève de 208 à 210 pieds. Le long de ce bief, tandis que la gorge est réduite à une proportion aussi petite les anciennes berges sont fortement marquées et montrent que la rivière avait une largeur de 1,500 pieds, avant d'être concentrée dans l'abîme étroit. Ce trait prouve que le resserrement de la gorge n'est pas dû au rétrécissement de la rivière en cet endroit.

1 "Travels in North America" (1841-42), Sir Charles Lyell. Also Proc. Geol. Soc., Lon., Vol. III., 1841, Db., Vol. IV., 1843.

2 "Discovery of Preglacia Outlet of Lake Erie," Proc. Amer. Phil. Soc., Phila., Vol. XIX., 1881.

3 *Voir* chapitre XII sur les rapides Whirlpool, montrant une coupe de forage.

Ces questions seront discutées quand on étudiera le chenal des rapides Whirlpool.

LE BIEF DES CHUTES.

En amont des ponts de chemin de fer, il y a une autre inflexion dans le cours de la gorge quand elle tourne 40° à l'ouest, et, de là se prolonge en ligne droite jusqu'à la crête des chutes canadiennes. Elle s'élargit soudainement de l'extrémité du bief N° 3, (large en cet endroit, de 840 pieds) jusqu'à une largeur moyenne de 1,500 pieds. Cette largeur est cependant réduite légèrement à 1,200 pieds à la pointe Hubbard et s'augmente un peu en face des chutes américaines comme on pouvait s'y attendre. En amont des chutes américaines elle est encore réduite si bien que la gorge a une largeur de 1,200 pieds entre l'île Goat et les murs occidentaux en dessous de la ligne des chutes canadiennes.

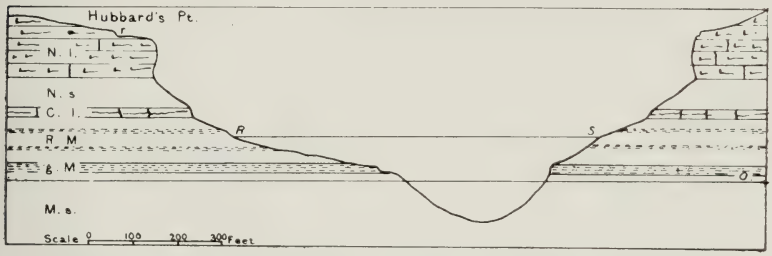


FIG. 19.—Coupe transversale pointe George à point Hubbard (même légende) r., reste de terrasse ayant été autrefois un plancher pré-glaciaire de l'auge au travers de l'arête Lyell.

C'est le bief, N° 4, (endessus de IV, sur la carte) et il a une largeur de 1,200 pieds, mais il s'infléchit vers le sommet de façon que la longueur s'accroît un peu. Ainsi la longueur au cañon est 36,600 pieds environ à partir du pont suspendu du Queenston ou 26,200 pieds environ à partir du front de l'escarpement.

Après avoir passé la fin du bief N° 3, l'élargissement soudain de la gorge indique un changement marqué dans l'histoire des chutes. En plus de l'élargissement uniforme,

la très forte profondeur jusque près de leur emplacement est constante. Ceci indique qu'il n'y a pas eu de variation matérielle dans la hauteur effective des chutes dans cette partie de cañon, à la pointe Swift Drift, 3,700 pieds, et à la pointe Hubbard, 4,500 pieds, en amont du pont Cantilever, la gorge est légèrement rétrécie à moins de 1,100 pieds avec un bassin de 200 pieds plus large, entre ces pointes. Là, les roches sont tordues mais des fragments de berges de l'ancienne rivière montrent que la rivière a maintenu la pleine largeur de 1,300 pieds, bien que la gorge elle-même soit un peu plus étroite.

Il semblerait qu'il y a eu un retrait moyen uniforme des chutes dans le bief N° 41, jusqu'à ce qu'on atteigne l'emplacement actuel. La surface de la rivière est de 100 pieds à peu près au-dessus du lac Ontario et la profondeur est de 186 à 192 pieds. La largeur de la rivière elle-même varie de 750 à 1,000 pieds; en avant de la pointe Hubbard, elle est de 800 pieds à peu près, bien que à la pointe Swift Drift elle dépasse à peine 500 pieds de largeur. Ce sont les traits importants qu'on trouve en étudiant l'origine de la gorge des rapides Whirlpool et aussi, l'auge Falls-Chippewa. En cet endroit aussi, on trouve que la rivière croise la plus haute arête de calcaire qui se rencontresur son cours. La largeur du cañon en avant des chutes américaines atteint un maximum de 1,600 pieds, qui est dû à l'action et à l'effet d'élargissement du chenal américain (*voir* figure 6, page 63). En amont du pont à arche supérieur, près de l'anse Carter (*voir* planche XXXVIII, il y a l'extrémité de la terrasse noyée qui se prolonge de là jusqu'aux chutes (*voir* figure 3, 4 et 6), bien qu'elle soit entaillée par un chenal très profond.

La dernière coupe transversale de la gorge (figure 20) se rapporte à l'île Goat sur la tablette de l'île Goat et va jusque près du Table Rock. Elle montre le fond de la rivière en terrasse avec le chenal profond près de l'extrémité orientale de la gorge (*voir* aussi, la coupe longitudinale, figure 3, page 50).

Ce chenal profond s'ouvre dans un chenal plus large en aval des chutes américaines et de l'anse Carter après avoir

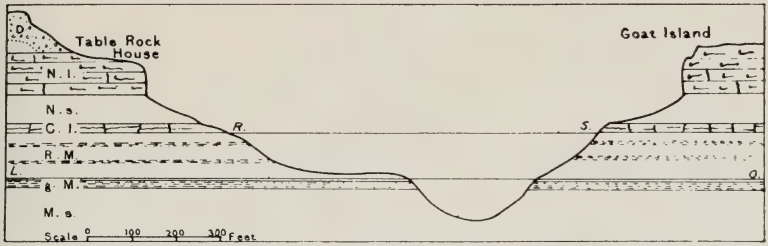


FIG. 20.—Coupe transversale de la gorge, de Table Rock House à la tablette de Goat Island montrant la terrasse submergée et le chenal profond; aussi le plancher rocheux du bassin Falls-Chippewa à Table Rock House.

passé la terrasse submergée supérieure. La hauteur du mur est de 160 pieds à peu près au-dessus de la rivière tandis qu'elle est de 220 pieds presque à la pointe Hubbard; et la surface de roche sur l'arête Lyell à peu de distance en arrière de l'abîme, s'élève à 270 pieds.

CHAPITRE IX.

BERGES PRIMITIVES ET LIT DE LA RIVIÈRE NIAGARA.

Débouché du lac Erie et bief Supérieur de la rivière Niagara.
Bief du canon en amont et en aval du Whirlpool.
Du ravin Smeaton à l'extrémité du canon.
De l'embouchure de la gorge au lac Ontario.

DÉBOUCHÉ DU LAC ERIÉ ET BIEF SUPÉRIEUR DE LA RIVIÈRE.

Le caractère de la rivière en amont des chutes a très peu changé depuis la séparation des eaux du lac Ontario de celles du lac Erié, quand le Niagara est devenu une rivière établie.

Quoi qu'el en soit la rivière n'est pas ce à quoi on pourrait s'attendre d'après les traits de surfaces rocheuses sous-jacentes. On a trouvé que sa profondeur atteint cinquante-trois pieds à deux milles en aval du débouché du lac Erié. Cette profondeur est réduite de dix-sept à vingt-quatre pieds en traversant une arête de calcaire cornifère qui s'élève à soixante pieds des deux côtés de la rivière, à un demi-mille de ses berges actuelles, tandis qu'à quelques milles à l'ouest, la lisière rocheuse du côté nord du lac Erié est très basse. Les arêtes cornifères ont été découpées avant la naissance de la rivière comme on le voit encore meux sous le pont international où l'une des culées repose sur une surface ayant subi la glaciation, à une profondeur de quarante-cinq pieds. La rivière mesure en cet endroit 1,850 pieds de largeur, mais à une étape récente, où la rivière avait cinq à douze pieds de plus, elle avait le double de largeur comme le montrent les platières maintenant soulevées de la ville de Fort Erié. Cette terrasse appartient à l'histoire de la rivière quand le cours d'eau suivait d'abord son cours dans un pays moutonneux, sans berges bien nettes, inondant les estuaires

et laissant un soupçon de terrasses en beaucoup d'endroits, à près de 340 pieds en amont du lac Ontario.

De Fort Erié (12,000 pieds du lac), la distance à la bordure en amont des rapides d'en haul le long du chenal de l'est est un peu plus loin. Sa largeur varie de 2,000 à 3,000 pieds et bien que sa profondeur soit rendue irrégulière par des barres, les sondages montrent qu'elle a trente-trois pieds au moins en des endroits de la moitié méridionale de son cours, bien qu'il soit réduit à une vingtaine de pieds parmi les barres qui croisent la rivière au confluent du creek Chippawa. Le pays est une plaine basse dont beaucoup ne dépasse pas dix à vingt pieds au-dessus du lac. De fait, si la surface de la rivière ne descendait pas jusqu'à près de quatorze pieds au-dessous du niveau du lac, à la tête des rapides d'en haut, les creeks à Chippawa et Tonewanda, avec leurs affluents et autres places basses seraient changés en grands estuaires. Cette région basse est un peu modifiée à deux ou trois milles au sud des rapides d'en haut où la terre s'élève à presque cinquante pieds plus haut ou quarante pieds au-dessus du lac. Il y a sur Grand Island, des terrains aussi élevés.

Il peut y avoir une légère dépression dans cette arête, comme celle qui existe dans la zone de Carbonifère près du lac Erié sans quoi les eaux auraient été détournées pour prendre un cours plus occidental. En aval des îles Grand et Navy les deux bras de la rivière se rejoignent et bien qu'elle s'élargisse alors un peu elle se rétrécit encore en aval de Chippawa. La largeur était plus considérable autrefois quand les eaux passaient sur la pointe plate en saillie qui constitue maintenant l'emplacement des chutes Niagara, New-York.

La barrière rocheuse qui obtrue le bassin Supérieur du Niagara est indiquée par la ligne de la cascade Greens ou Première, des rapides d'en haut. (*Voir* planche XII B. page 83.) Le plancher rocheux, maintenant à découvert composé de calcaire Niagara que l'on voit à l'extrémité supérieure de

l'île Goat est 313 pieds au-dessus du niveau du lac Ontario, tandis qu'à l'extrémité inférieure de l'île la surface rocheuse sous-jacente est à 265 pieds seulement. Le plancher de la rivière à la prise d'eau de l'Ontario Company en avant des îles Dufferin est à 306 pieds. Là où la rivière envoie un bras autour des îles Dufferin la roche passe sous les matériaux de transport qui à l'extrémité méridionale du pont mesurent 299 pieds tandis qu'aux coudes derrière l'île la pente descend à 286 pieds avec la vallée ensevelie et descend encore plus bas vers l'ouest sous le drift, comme le montrent les forages au delà de la rivière sous le parc adjacent. Dans cette région, il y a de fortes collines de drift qui s'élèvent au-dessus des anciennes berges de la rivière derrière le parc Victoria jusqu'à une altitude de 375 à 400 pieds au-dessus du lac Ontario, tandis qu'à un mille à peu près de distance dans Lundys Lane elles atteignent 465 pieds. Vers l'est de la rivière, derrière la pointe de terre occupée par la ville de Niagara Falls, l'altitude atteint 360 pieds au moins, tandis que sur les plaines inférieures il y a quelques monticules accentués. Ils forment une troisième arête en travers du cours de la rivière originale où il y a une ancienne dépression qui permettait au premier cours d'eau du Niagara de couler du lac Erié au bassin inférieur. Cela doit avoir été à moins de trente six pieds en dessus du lac Erié, sans quoi les eaux du lac d'en haut seraient descendues par un chenal dans le voisinage du canal Welland. La différence d'altitude étaient peut-être moindre de cinq pieds aux deux endroits mais cette légère quantité a fait prendre à la rivière Niagara son emplacement actuel au lieu que le débouché lac Erié soit situé près du canal Welland.

LE BIEF CAÑON EN AMONT ET EN AVAL DU WHIRLPOOL.

Le trait marquant du bief Supérieur de la rivière avec une largeur de plus d'un mille, allant presque à l'ouest et se terminant à l'île Grand et passant sur le flanc d'une étroite vallée

transversale perpendiculairement dénote un changement remarquable dans les conditions physiques. Là, à la fin de la vallée large supérieure, les chutes américaines plongent sur le flanc est de la gorge, sur des murs escarpés en avant de l'île Goat et de l'autre côté, les chutes canadiennes plongent en avant de l'angle le plus large du parc Victoria.

Cette vue est représentée dans le panorama de la planche XIV (page 87). On y voit aussi la berge orientale de la vallée Falls Chippawa, mise à découvert par les rapides qui croisent. L'eau plus calme montre la partie la plus profonde du chenal pré-glaciaire. La cime des chutes s'entaille maintenant en arrière et au travers de l'ancienne berge, ce qui tend à réduire le retrait des chutes Niagara comme on le *voit* page 87. Dès 1841, sir Charles Lyell attribuait les rapides à l'ancienne topographie ensevelie sous les matériaux de transport.

La rivière Niagara moderne, après avoir établi son cours le long du bief Supérieur, a fait un cercle sur la vallée ensevelie d'où son cours général a été déterminé par les basses dépressions superficielles indépendamment des matières qui formaient le lit. Tant que son prolongement inférieur était bloqué par une forte barrière, la vallée ensevelie ne produisait aucun effet sur les traits de la rivière. Le plancher de sa lisière avait un niveau représenté maintenant par une altitude de 316 pieds au-dessus du lac comme on peut le voir auprès de la prise de la Niagara Power Company à Niagara-Falls, mais la surface du lac Erié est maintenant quatorze pieds plus haut que la cascade Greens ou Première.

Cet ancien plancher de terrasse fait le tour d'une île dans la partie méridionale de la ville où il y a une terrasse brusquement taillée entre lui et la rivière, en face de l'île Goat. Dans la ville cette ancienne ligne de rivage a été oblitérée par des terrassements artificiels mais elle reparaît plus loin et forme un trait distinctif d'une terrasse où est située la remise des wagons du chemin de fer de la gorge comme le montre la carte diago-

Vue de profil des Chutes Américaines et de la tablette de Goat Island avec la terrasse du côté canadien (scène d'hiver).

nalement en travers de la pointe Hubbard. (*Voir* aussi planche XVIB.) Cette berge de son côté oriental n'est pas généralement élevée.

Sur l'île Goat il y a un dépôt de gravier de rivière avec des coquilles fluviales près de son quart sud-est ayant maintenant le même niveau de 316 pieds. Ces dépôts ont été décrits par le professeur James Hall et sir Charles Lyell, il y a plus de soixante ans. Le professeur Hall avait aussi mesuré les terrasses en cet endroit et les avait comparées avec d'autres à la pointe Whirlpool. Les terrasses des niveaux inférieurs n'appartenaient pas aux berges orientales de la rivière mais marquaient l'abaissement des eaux à une date plus récente.

A côté des chutes sur la rive canadienne, il y avait alors de hautes berges de l'ancienne rivière s'élevant à 380 pieds au-dessus du lac Ontario, en arrière desquelles le pays remontait dans Lundys Lane à un mille de distance jusqu'à un point 465 pieds plus haut que le même repère.

Les terrasses du côté de New-York ont été déjà cités parce qu'il y a un grand plancher du lit primitif de la rivière, tandis que du côté canadien, dans l'abaissement subséquent des eaux et l'enlèvement des matériaux de la vallée ensevelie, la rivière a miné en dessous les anciennes berges et toutes les terrasses plus hautes ont été balayées jusqu'au niveau de la rivière actuelle dans le voisinage des chutes Niagara, jusqu'à une profondeur de soixante pieds plus bas que la pointe Hubbard. C'est ainsi que les hautes falaises bornant le parc Victoria ont une hauteur de 100 à 120 pieds. Ces falaises se voient bien dans la planche XV (page précédente) qui est une scène d'hiver.

A partir de la partie septentrionale de la réserve du parc, les différentes terrasses commencent à pouvoir être discernées et continuent jusqu'à ce qu'elles atteignent le voisinage de Pointe Hubbard où elles sont coupées net par l'empiètement du mur occidental de la gorge. Là, à la pointe Hubbard, il y a un reste de vieux plancher saillant en dehors de la berge de la

gorge sur une largeur de 150 pieds et une longeur un peu plus grande. Ceci se voit sur la planche XVI A. En arrière de ce fragment du plancher ancien, dont la gorge interne et à une altitude de 318 pieds, il y a une berge à pic de quelques pieds. En arrière de cela, les collines de calcaire s'élèvent en peu de distance à une altitude de 370 pieds au cercle dans le parc Wesley où elles sont recouvertes de deux ou trois pieds seulement du sol. Du côté opposé le terrain a une hauteur égale en arrière de la brasserie, planche XVIB., et à l'emplacement du nouveau bureau de poste il est couvert de quelques pieds de terre seulement.

La rivière coupe là la plus haute arête de calcaire de tout le district de Niagara; cette arête est si haute que la rivière n'aurait jamais pu suivre son cours en cet endroit, si elle n'avait pas été abaissée par la dépression glaciaire à l'endroit où l'on a trouvé la vieille surface glaciée à la pointe Hubbard. (*Voir* planche XVI A et aussi carte). C'est cette barrière de la pointe Hubbard qui a déterminé la hauteur et le niveau de la rivière après que les chutes eussent reculé en dépassant ce point quand la terre meuble a été rapidement enlevée du bassin Falls Chippawa à une profondeur de soixante pieds. Les terrasses inférieures sont des traits de l'histoire subséquente de la rivière.

La gorge, à la pointe Hubbard est réduite à une largeur de 1,150 pieds et de 1,050 pieds à la pointe Swift Drift, au nord. Il n'y a pas d'indice que la vallée pré-glaciaire au sud, soit entaillée à un niveau inférieur au détroit de la pointe Hubbard. De plus, de la pointe Hubbard au sud, les fontières de la vieille rivière divergent rapidement ce qui montre que la vallée pré-glaciaire suivait une direction méridionale et non septentrionale. (*Voir* planche XXII, chapitre XIII.)

En aval de la pointe Hubbard sur un demi-mille au moins, les terrasses des deux côtés sont coupées net, car le cañon moderne est plus grand que la vallée primitive (*voir* la grande

PLANCHE XVI. A.

Vue de la pointe Hubbard (terrasse en avant de la maison) au col entre les vallées préglaciaires.

PLANCHE XVI. B.

Vue en face de la pointe Hubbard (avec terrasse correspondante en avant de la pointe).

carte.) Juste au sud du pont Cantiveler, la gorge se retrécit rapidement et en même temps les berges anciennes de la rivière s'écartent rapidement. Cet accident se voit sur la carte et dans la figure 18 (page 111), qui est une coupe transversale à 1,700 pieds à peu près du pont du chemin de fer du Grand-Tronc, où se montrent aussi les terrasses inférieures. La grande terrasse est très nette en cet endroit comme le montrent la grande carte et la planche XX.

La berge a été profondément taillée par les courants ce qui a laissé des falaises escarpées. Le bord intérieur du plancher possède une altitude de 316 pieds avec des falaises en arrière plus hautes de vingt pieds. Sa distance du bord du cañon est de 530 à 560 pieds, mais celle-ci comprend aussi la terrasse inférieure large de 75 à 125 pieds dont le plancher est à 280 pieds seulement au-dessus du lac Ontario. La terrasse supérieure en arrivant au voisinage de l'anse entre les rapides Whirlpool et le Whirlpool a été coupée net par les murs en retrait de la gorge.

Du côté de l'est de la rivière, cette terrasse est aussi bien tracée par les berges très abruptes en aval de l'ancien hôtel Mount Eagle (*voir* planche XXI B.) qui ont une hauteur de plus de vingt pieds au-dessus de l'ancien plancher avec une altitude de 316 pieds à son bord interne. Il y a là aussi deux terrasses inférieures plus près de la rivière, qui appartiennent à une époque postérieure mais la terrasse principale coustatée s'étend depuis la gorge, sur une largeur de 510 pieds. Ceci, ajouté à la largeur de la gorge, 750 pieds à peu près et à celle du plancher de la terrasse, du côté occidental montre que la rivière orientale a atteint en cet endroit 1,780 pieds de largeur; mais comme cet endroit est un peu oblique, la largeur générale est d'à peu près 1,500 pieds. Si la berge occidentale a été coupée net assez brusquement au Whirlpool, la berge orientale est demeurée intacte, mais fait un détour, si bien que les restes du vieux plancher ont une largeur, en dehors de la gorge actuelle de 150 pieds seulement à la pointe Whirlpool. Elle continue sur une

distance de quelques centaines de verges jusqu'au delà du débouché du Whirlpool où elle est aussi tranché au bord de la gorge.

En un endroit signalé en amont du Whirlpool où la terrasse se termine brusquement, la largeur de la vieille rivière était réduite à 1,250 pieds. Son lit était composé de transport qui comblait la gorge Whirlpool ensevelie, d'un autre côté de laquelle reparaît la terrasse, montrant une largeur de rivière de 1,500 pieds. A un quart de mille au delà de la pointe Thompson les berges montrent que la largeur du vieux chenal a été de 1,400 pieds et a été coupée net soudainement au delà de la terrasse. A la pointe Thompson, comme à la pointe Whirlpool en face, les terrasses inférieures se condensent, et ne peuvent pas se discerner comme en amont de cet endroit. De fait, depuis l' aval du débouché du Whirlpool jusqu'au confluent de la gorge, il ne reste plus de terrasses inférieures comme celle d'amont. Cette absence est frappante.

En aval du Whirlpool, où finissent les terrasses du côté canadien, il y a une arête rocheuse qui a été coupée par le Niagara quand il a commencé à couler. Son altitude de surface est de 330 pieds à peu près. Mais à quelques centaines de verges au delà on voit encore un restant de l'ancien plancher, au flat Wintergreen, où le bord interne possède une altitude de 316 pieds borné par une berge de quatorze pieds de hauteur. Cette platière qui était le fond de l'ancienne rivière a en certains endroits une largeur de 500 pieds avec son plancher descendant de 312 à 306 pieds. Cela montre que la profondeur de la rivière était considérable. En face du côté de New-York les empiétements de la gorge ont enlevé la berge de la rivière.

A peu de distance en aval de Wintergreen Flat, le plancher de l'ancienne rivière reparaît en une expansion lacustre avec un îlot couvert de dépôts de rivière, de pierres plates et arrondies dans un sol de terreau. Là, son bord n'est pas toujours bien net car le lavage des côteaux et la culture du sol ont caché la

PLANCHE XVII. A.

Vue du débouché de la gorge taillant l'escarpement Niagara. (Hauteur de 300 pieds à peu près, avec le monument de Brock à droite.)

PLANCHE XVII. B.

Vue de la terrasse Iroquois à l'écoulement de là gorge, coté oriental, taillée là dans le grès Medina.

ligne de hauteur d'eau orientale. Les dépôts, jusqu'à une altitude de 324 pieds, représentent approximativement l'ancienne surface de l'eau. Leur altitude au bord du cañon est de 318 pieds au-dessus du lac Ontario.

En quelques endroits le dépôt de rivière a une épaisseur considérable. Il a dix pieds de profondeur là où les câbles de l'Ontario Power Company traversent la rivière. Au nord de Foster Flats, la rivière élargissait en un petit lac avec une largeur d'à peu près 3,800 pieds. Le caractère plus languissant des courants et la profondeur moindre de l'eau en cet endroit expliquent amplement le dessin moins net de la berge occidentale, tandis que du côté de l'est qui est maintenant en dehors du coude de la rivière, du Trou du Diable au delà du câble transversal de l'Ontario Power Company, la berge est plus nettement dessinée en arrière du plancher de la terrasse qui a cent à 250 pieds de largeur.

DU RAVIN SMEATON A L'EXTRÉMITÉ DU CAÑON.

Juste au delà du ravin Smeaton, les vieilles berges de la rivière se rétrécissent jusqu'au bord de la gorge des deux côtés où elles sont encore tranchées. La rivière traverse là l'arête rocheuse avec une altitude de près de 330 pieds couverte d'un plancher argileux s'élevant au delà jusqu'à 340 à 350 pieds. C'était la barrière qui a fait l'élargissement où la lagune au nord des Foster Flats. Elle était traversée par la rivière sur une distance de 3,000 pieds.

Au delà de cette dernière arête jusqu'à la fin de la gorge, il y a 200 verges a un le dépôt du delta à la fin. (*Voir* planche XVII A). Là, la vieille rivière était à peu près 322 pieds plus haut que la surface actuelle du lac Ontario.

DE LA BOUCHE DE LA GORGE AU LAC ONTARIO.

A la naissance des chutes du Niagara, il n'y avait pas de rivière en aval de l'escarpement, car l'eau cascadait directement

dans le lac Ontario. Comme l'eau reculait la rivière s'est creusé une voie dans le schiste Medina durant deux milles. Au delà de cet endroit elle coulait sur des argiles de transport et d'autres matériaux laissant voir par places le schiste Medina. A son plus bas niveau les eaux dans le bassin Ontario ont reculé à beaucoup de milles de la rive actuelle quand s'est excavé le chenal profond à Queenston (*voir* planche XXIX, chapitre XV.)

Par cet aperçu des berges de la rivière on peut voir que la rivière Niagara à son début peut être suivie du lac Erié à ce qui était alors la lisière du lac inférieur, maintenant le lac Ontario substantiellement à un niveau qui n'indiquent pas beaucoup de pente superficielle; beaucoup moins que celle du bief actuel. Au début il ne peut pas y avoir eu beaucoup plus qu'un détroit avec des lisières mal définies.

CHAPITRE X.

VALLEE ENSEVELIE DU WHIRLPOOL SAINT DAVID.

Supposition quant à son origine.
Traits de surface du creek Bowman au bord de l'escarpement.
Caractéristiques de la gorge Whirlpool, sa largeur.
Forages dans le chenal, origine du Whirlpool moderne.
Caractère des matériaux de transport dans le chenal profond.
Bois fossile enseveli dans le transport.
Puits d'aération.

SUPPOSITION QUANT À SON ORIGINE.

Le prolongement du cañon Niagara occupé maintenant par le Whirlpool a été décrit en partie en traitant des traits du cañon (page 111). Les murs latéraux sont à pic comme les autres portions de la gorge mais on voit des berges de transport à sa tête seulement, (*voir* planche XI A, page 73). La puissante bande de grès gris Medina, (*voir* planche XXVII, B,) ayant une épaisseur d'une vingtaine de pieds atteint dix à quinze pieds au-dessus de la surface de l'étang. A la tête du Whirlpool, la bande grise est absente sur une largeur de 100 pieds tandis qu'à la pointe entre le Whirlpool et le remous du Whirlpool elle est enlevée sur pas moins de 600 pieds.

Dès 1841, le professeur James Hall[1] avait regardé l'anse du Whirlpool comme un remous dans le cours de la rivière, mais en cette année sir Charles Lyell a reconnu le premier qu'elle fait partie d'une vallée ensevelie et l'a reliée à la baie formée dans l'escarpement de Saint-David[2] et a supposé qu'elle était le cours d'une rivière Niagara pré-glaciaire. En 1881, j'ai montré pour la première fois que la rivière Niagara n'était pas le débouché du bassin pré-glaciaire de l'Erié. J'ai supposé alors que le chenal était inter-glaciaire. Cette idée a été repétée jusqu'en 1901 par le Dr G. K. Gilbert[3]. Jusqu'à la

1 Natural History of New York, Part IV, Vol., 1842.
2 "Travels in North America" 1841.
3 "Feuille d'Atlas du Niagara." Serv. Geol. des E.-U.

présente investigation des rapides Whirlpool recomblés et la découverte de la vallée Falls-Chippawa on n'avait pas trouvé son vrai caractère. J'ai renoncé en 1887 à l'idée qu'une portion quelconque du chenal pût être inter-glaciaire et même à cet époque, j'ai regardé la section des rapides Whirlpool comme étrangère à l'ancien cours d'aucune rivière considérable. A ce moment, j'ai dit "nous sommes amené à la conclusion que le cours de la rivière Niagara en amont et en aval du Whirlpool est d'un bout à l'autre en majorité d'origine moderne et aucunement une gorge remplie de transport réexcaveé depuis l'âge de glace." "La vallée Saint-David représente seulement le ou les cours de l'eau d'égouttement local avant l'âge de glace" [1]. Pendant quelques années on s'est peu occupé de ce chenal. En 1886[2] le professeur E. W. Claypole a fait remarquer l'existence de roche dans le haut du ravin Bowman à la tête de la marmite Whirlpool. En 1884 encore, j'ai mesuré la hauteur qu'atteignaient ces couches, en me servant de la carte topographique du Service des lacs des Etats-Unis pour la position du cours d'eau. Cette carte était très inexacte, montrant que la coulée partait du milieu du Whirlpool, si bien qu'il fallait en déduire que le chenal enseveli possédait la moitié seulement de la profondeur trouvée maintenant. Il y avait donc doute et à une réunion de l'American Association for the Advancement of Science, le professeur H. S. Williams a conseillé de forer pour régler la question et à offert la première souscription. On n'a rien fait jusqu'en 1905 et alors le travail a été executé par la Commisssion Géologique du Canada. La carte exacte ci-jointe est due à M. E. Gardner, arpenteur provincial, et a été prolongée par moi. En 1841, Lyell a distingué entre les falaises à pic de la gorge moderne et les pentes plus graduelles du chenal enseveli. Ces dernières sont coiffées de calcaire à bords arrondis polis, mais leur pente ne dépasse pas 45° et

1 Amer. Naturalist Vol XXI, p. 270, 1887.

2 Rapport de la Réunion de l'Amer. Ass. Ad. Sci., sept. 1886.

rarement 30° tandis que celle du schiste inférieur est beaucoup moindre.

ACCIDENTS DE SURFACE ENTRE LE CREEK BOWMAN ET LE BORD DE L'ESCARPEMENT.

Les matières meubles à l'extrémité du Whirlpool ont été emportées par le creek Bowman qui a fait sur trois quarts de mille de profonds ravins, en ligne directe dans une plaine légèrement onduleuse de 340 à 350 pieds au-dessus du lac. Sans la coulée profonde du creek Bowman et de ses bras il n'y aurait pas de trace de la vallée ensevelie sur la surface du pays. Au delà de la tête de ce creek il n'apparaît pas d'autres preuve de l'existence de la vallée au-dessus du terrain qui se soulève légèrement. Cependant à deux milles des eaux supérieures du Whirlpool, le pays s'entrecoup ede plusieurs ravins profonds parmi les collines de matériaux de transport couvrant la paroi de l'escarpement de Niagara au point où il fait une courbe derrière le village de Saint-David; mais il n'y a pas de vallée Saint-David proprement dite.

Le pays au nord-est de la vallée ensevelie est légèrement moutonneux jusqu'au front de l'escarpement et couvert d'une surface argileuse. Il ne dépasse pas 350 pieds au-dessus du lac. Mais à son confluent et à l'ouest il y a de profonds dépôts de sable et de gravier s'élevant dans la colline Berryman (planche XXX) à une hauteur inhabituée de 442 pieds. Le professeur James Hall en 1842 a signalé l'existence de ces matériaux à une profondeur de 150 pieds dans un puits. En dessous des dépôts de surface de cette région, en dehors de la vallée ensevelie, le plancher de calcaire s'élève habituellement à 330 pieds à peu près au-dessus du lac Ontario.

Au nord est de la vallée ensevelie, le pays est seulement légèrement moutonneux jusqu'au front de l'escarpement et couvert d'une surface argileuse. Plus près de la bouche de la vallée ensevelie, il y a de profonds dépôts de sable et de gravier.

De la bouche de la gorge du Niagara, la paroi rocheuse de l'escarpement s'étend à l'ouest sur deux milles et quart à peu près (*voir* la grande carte) puis elle tourne brusquement au sud ur trois quarts de mille. Là, elle est couverte par des collines de gravier signalées ou continue dans le mur oriental de gorge ensevelie dont elle fait partie. Comme escarpement les roches ne se voient pas plus loin que là où le chemin de fer Michigan Central croise le chemin de démarcation de la ville. A l'est de cet endroit, sur un mille et demi, la paroi de l'escarpement du Niagara est presque entièrement cacheé par des collines montueuses de transport bien qu'une terrasse supérieure avec fondation rocheuse commence à faire son apparition. Néanmoins, à deux milles à peu près de l'endroit cité, un éperon de l'escarpement surgit des collines sableuses. La portion supérieure est réellement un massif insulaire en avant d'une terrasse rocheuse exposée quand les vagues du lac construisaient la terrasse Ray plus haute que maintenant de 28 pieds lors de la naissance des chutes Niagara.

Ce promontoire a amené Sir Charles Lyell à penser qu'il y avait une baie ou élargissement de la vallée ensevelie Whirlpool-Saint-David, et à la comparer au débouché de la gorge (*Voir* planche XVII A, page 129) avee l'ideé que la première avait beaucoup de largeur et que la dernière était réduite à un quart de mille. Mais ce détour dans l'escarpement n'est pas la vallée agrandie du chenal enseveli bien que beaucoup de gens aient partagé cette idée. D'ailleurs, cela n'était pas curieux, car sur beaucoup de cette section, c'est seulement au moyen d'enquêtes locales et de recherches attentives qu'on a vu des affleurements rocheux. Ainsi, une carrière obscure, sur la ferme de Thomas Berryman, a été trouvée cachée dans un champ plus bas que le chemin de fer et bien loin de la grande route. Elle a une altitude de 320 pieds et par conséquent est au front de l'escarpement enseveli.

L'existence de roches partout à l'ouest a été subséquemment établie ce qui réduit la largeur possible de toute vallée ensevelie. En creusant le long du cours d'eau en un ou deux endroits, à l'est, on a trouvé la roche. En un endroit, à quelques centaines de pieds à l'ouest de l'endroit où le chemin est croisé par la route de Saint-David, on trouve la tête du creek. Il émerge sous forme d'une source énorme en-dessous du chemin de fer où il sort d'une caverne rocheuse maintenant couverte, me dit-on. En conséquence, ce trait établit l'existence de roche à une hauteur de 320 pieds au dessus du lac Ontario et, de plus, restreint la dimension possible d'une vallée ensevelie.

En descendant le flanc de la colline à quelques centaines de verges derrière le bâtiment de l'ancienne brasserie maintenant presque entièrement couverte de terre, il y a un ancien puits de carrière montrant la surface de dalles de calcaire minces à 254 pieds au-dessus du lac. Cet endroit est une issue du chenal enseveli du Whirlpool pas au sommet de l'escarpement, mais plus bas dans la pente. Le débouché de la vallée entre le bord oriental approximativement dessiné et le banc à la brasserie, à ce niveau, ne dépasse pas 1,000 pieds, au plus tandis qu'au niveau de 320 pieds il est à peu près de 1,700 pieds. Ainsi enfin les confins de la vieille vallée sont delimités à son embouchure.

L'intérêt qui a été pris dans cette vallée a justifié son étude en détail ainsi que celle de la gorge ensevelie, car il fallait déterminer quel rôle l'ancienne trancheé avait joué dans le retrait des chutes. Autrement, c'eût été seulement un des nombreux traits de la topographie pré-glaciaire généralement caractérisée par des contours arrondis. De fait, avant de faire cette investigation j'aurai jugé l'ancienne vallée beaucoup plus large, comme dit Lyell.

CARACTÉRISTIQUES DE LA GORGE WHIRLPOOL—SA LONGUEUR.

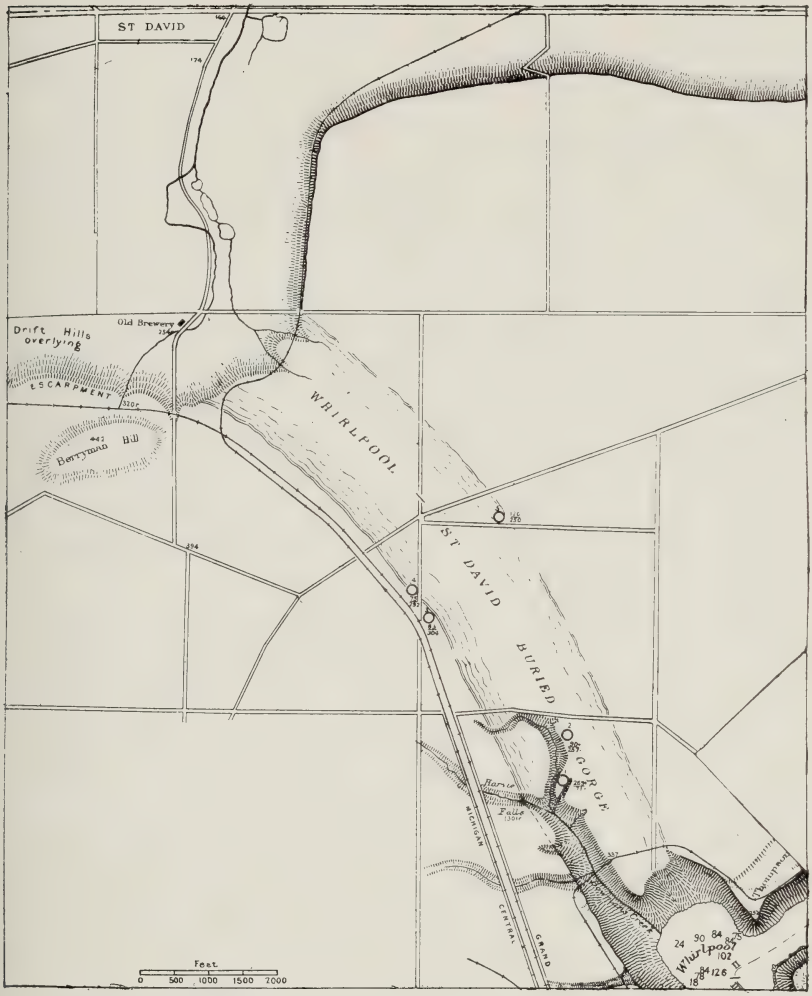
De la pointe Whirlpool ou De Vaux, du côté de New-York, à travers la rivière, jusqu'à la pointe Sainte-Claire qui sépare le remous des rapides Whirlpool, du Whirlpool, la gorge Niagara mesure une largeur de 1,000 pieds seulement. A sa partie la plus large du Whirlpool la gorge a 1,750 pieds de largeur. Dans un ravin du côté nord-est, où le mur de la gorge passe sous les matériaux de transport à la tête de l'étang, on peut déterminer de très près sa position du côté est. La distance de là au mur pré-glaciaire occidental exposé avec ses bords arrondis est de 1,400 pieds, par conséquent, la différence dans ces mesurages représente l'élargissement de la gorge dû à l'action de la rivière Niagara, (*voir* carte, planche XVIII, en face).

Le mur occidental du Whirlpool n'a pas été considérablement réduit car, immédiatement après l'extrémité du Whirlpool, on voit paraître des fragments des anciens bords arrondis de calcaire, et là les surfaces supérieures ont une altitude de 290 pieds; mais cette surface qui est de quarante pieds plus basse que l'arête traversée par la rivière au delà du débouché du Whirlpool indique qu'il y avait une vallée supérieure beaucoup plus large que la gorge ensevelie elle-même. L'absence de calcaire au-des-sus de 290 à 300 pieds sur une largeur de peut-être neuf cent verges montre qu'il y a un élargissment rapide de la vallée superficielle pré-glaciaire allant vers le nord depuis l'arête Lyell.

A la carrière du ravin Bowman on aperçoit les bords glaciés. On voit le même trait sur quelques centaines de verges plus loin, à travers le terrassement du chemin de fer électrique et on le revoit sur le lot 42 où le creek Bowman produit la chute d'eau Harvie en passant sur le côté de l'ancienne gorge pour se jeter dans un ravin profond. La surface rocheuse est là à 301 pieds au-dessus du lac Ontario et quarante-six pieds en dessous de matériaux de transport.

Dans tout ces affleurements on découvre la ligne du mur occidental, et là sa direction est plus septentrionale qu'on ne supposait. A mi-chemin entre ce dernier affleurement et la brasserie, là où le puits No. 4 (*voir* carte P. 139, a été sagement foncé, on atteint la roche à soixante-quinze pieds au-dessous

PLANCHE XVIII.



Carte montrant lechenal du Whirlpool St. David, enseveli. Les chiffres du dessus donnent la profondeur des fora ges représentée par des cercles,; ceux du bas donnent la hauteur des fonds de puits au-dessus du lac Ontario.

de la surface, ou 292 pieds au-dessus du lac Ontario. On voit qu'il est dans la vallée adjacente au chenal Whirlpool, mais pas dans la gorge elle-même.

Au puits N° 3, que mon perceur a foncé durant les travaux récents, on a trouvé la roche à treize pieds plus haut ou à 304 pieds au-dessus du lac. En conséquence ces puits sont au bord de l'auge et en les reliant à hauteur correspondante à la brasserie, le mur occidental de la gorge ensevelie est ainsi établi et on voit un tournant occidental près du mur N° 4.

Nous ne sommes pas aussi bien informés sur l'emplacement du mur oriental. On trouve le mur rocheux de la gorge près de C sur la carte (planche XX). L'extrémité nord du débouché est localisé près de la pointe où l'embranchement du chemin de fer Michigan Central qui va à Queenston, traverse la limite de la ville entre Niagara et Stanford. Juste au-delà, la ligne de chemin de fer longe l'escarpement en sa descente à la plaine inférieure et fait voir le mur rocheux. Ces points terminaux établis, ils peuvent être reliés par une ligne se recourbant comme du côté de l'ouest. A la maison d'école intermédiaire où est situé le puits N° 5, (*voir* carte) une profondeur de 120 pieds n'a pas atteint la roche avec la surface à une altitude de 370 pieds. Cet endroit est dans et près de la lisière de l'est.

Sur le lot 42, j'ai foncé un autre puits jusqu'à quatre-vingt-dix pieds sans atteindre la roche, et c'était à une distance de 1,140 pieds du mur occidental. Toutes ces observations m'ont permis de limiter la largeur de la vallée ensevelie qui est de 1,600 pieds immédiatement au delà de l'extrémité du Whirlpool jusqu'à une largeur de 1,600 pieds ou peut-être 1,800 juste avant la brisure à travers la paroi de l'escarpement.

FORAGES DANS LE CHENAL DU WHIRLPOOL—SAINT-DAVID—ORIGINE DU WHIRLPOOL MODERNE.

Bien qu'incomplet, un levé a été enfin exécuté du chenal Whirlpool-Saint-David après une période de beaucoup d'écrî

ture à ce sujet, remontant à soixante-cinq années, à l'époque où sir Charles Lyell a pour la première fois reconnu sa nature et exprimé l'opinion que ce Whirlpool était dû à l'existence de cette vallée ensevelie. L'origine du Whirlpool est établie maintenant comme elle ne l'a jamais encore été. Le Whirlpool moderne est la résultante de la découverte d'un fragment d'une vallée, ensevelie après que les chutes se taillèrent une traversée dans son flanc au débouché actuel. C'est grâce à la Commission géologique du Canada que cette question a été maintenant si complètement établie et je dois remercier mon aide, M. Claude, E. Eldridge, pour la direction finale de ses opérations excessivement délicates qui ont permis d'atteindre la profondeur signalée plus loin dans ce chapitre.

Sur le lot 42, où a été foncé le puits le plus profond, la position choisie était à 630 pieds de l'affleurement rocheux du mur occidental avec le profond ravin Bowman entre les deux. Cette position a été choisie de façon à être un peu plus près du mur occidental de la vallée ensevelie que son milieu supposé. La profondeur totale atteinte a été de 290 pieds, ou soixante-et-onze pieds au-dessus du lac Ontario. Le puits a donc atteint un point qui n'est qu'à vingt-quatre pieds au-dessus du niveau du Whirlpool. On a rencontré là des difficultés telles qu'il a fallu arrêter le forage. Il est hors de doute que la roche est absente dans le chenal enseveli jusqu'à une profondeur bien inférieure au niveau du Whirlpool et cela se constate particulièrement en raison de l'absence de l'épaisse bande de grès Medina, au-dessus du niveau de l'eau à l'extrémité du Whirlpool. Le levé actuel établit l'existence d'un cañon préglaciaire, avec ses bords supérieurs arrondis d'une forme plus accentuée qu'on s'y attendait. Comme il y a seulement des couches tendres de schiste en dessous du calcaire, il est sans importance pour l'étude du retrait des chutes du Niagara de savoir si la gorge ancienne atteignait à peine le niveau du lac Ontario ou était en dessous.

NATURE DU TRANSPORT DANS LE CHENAL PROFOND.

La coupe suivante représente les matières traversées au puits profond:—

	Pieds.
Argile rouge avec quelques galets anguleux	40
Gravier arrondi	2
Terreau sableux brunâtre (sec)	38
Petit gravier anguleux dans une matrice d'argile rouge	4
Terreau avec gravier fin anguleux	10
Gravier anguleux avec quelqu'argile de lien (forage très résistant)	26
Sable bleuâtre argileux avec quelques fragments anguleux	66
Sable fin lavé, couleur grise, avec restes de bois de pruche blanche	$\frac{1}{2}$
Sable argileux	14
Sable argileux bleuâtre	20
Gravier anguleux avec lien terreux, galets, de la taille de pois ou fèves (forage très difficile)	19
Sable de terreau avec petits galets anguleux	27
Sable mouvant excessivement fin (anguleux) avec lien d'argile, coule facilement quand il est mélangé à l'eau, mais durcit vite si bien qu'il ne peut être extrait avec des pompes	$2 + 268\frac{1}{2} +$

Dans ce dernier lit, le revêtement a cédé et en même temps le sable mouvant a pénétré et a comblé le tuyau sur plusieurs pieds. Dans toute la profondeur la sécheresse des matériaux qui ne retenaient pas mêmes l'eau a laissé pénétrer celle-ci dans le forage et rendu l'opération très difficile.

L'eau a été rencontrée seulement dans le sable mouvant le plus bas.

Les matériaux trouvés dans le puits décèlent un fort contraste avec le sable stratifié, et le gravier usé par l'eau qui couvre le bord de l'escarpement du Niagara et qui comble l'ancienne embouchure de la gorge, où, dans des carrières de sable, il a été mis à jour sur cinquante pieds au moins. Dans le ravin Bowman, taillé dans les dépôts du chenal Whirlpool à une profondeur de 300 pieds à peu près on voit très peu de cailloux. Il en est de même à la fin du Whirlpool où l'accumulation de cailloux, laissée après que 300 pieds de matériaux de transport ont été lavés, est relativement très petite. Ceci montre que les quelques plus grosses pierres du transport sont presque exclusivement des granites, quartzites et autres roches cristallines transportées avec rarement un caillou de calcaire Niagara détaché des murs adjacents.

BOIS FOSSILE ENSEVELI DANS LE TRANSPORT.

Le bois fossile existant à une profondeur de 186 pieds, indiqué dans le tableau a été gracieusement déterminé par le professeur D. P. Penhallow de l'Université McGill, qui a trouvé qu'il appartenait à un *Picea alba*, ou épinette blanche en bon état de conservation, bien qu'enseveli là probablement depuis plus de cent mille ans. A ce sujet, il dit: "On sait que cette espèce existe dans le Pleistocène où on l'a reconnue dans quelques cas seulement; l'épinette noire *Picea nigra*, est d'un autre côté très fréquente et l'on connaît des types très nets de ces dépôts".

PUITS D'AÉRATION.

On a trouvé que le forage N° 1 est un puits d'aération. En atteignant une profondeur de 226 pieds quand la fin du tuyau était dans un lit grossier de gravier, on a observé une aération vers l'intérieur. Il a été jugé nécessaire en cet

endroit de dynamiter la fin du revêtement pour insérer un tube plus petit parce que le revêtement extérieur avait été recourbé par le gravier. Immédiatement après l'explosion et durant un autre jour ou deux il s'est produit un fort tirage interne continu. Par la suite, à un moment où l'eau du Whirlpool était particulièrement haute il y avait un courant externe équivalent à un appel.

Ces courants étaient si forts qu'il paraissait difficilement possible qu'ils pussent se produire sauf dans le cas de proximité de fissures dans la roche adjacente, cette aération paraissant etre due à la nature poreuse du gravier et pas associée à des cavernes et dépendant des conditions atmosphériques et de la hauteur de la rivière dans le Whirlpool. En faisant des forages plus profonds quand la température était plus basse que le point de congélation, l'eau pénétrée dans le revêtement intérieur a gelé en bloc à la profondeur de 226 pieds en raison de l'aspiration d'air froid entre le revêtement extérieur et le revêtement interne.

CHAPITRE XI.

CHENAL SAINT-DAVID EN BAS DE L'ESCARPEMENT

Surface préglaciaire montrée par la profondeur des puits.

Levé des berges du Niagara en aval de la section de la gorge.

SURFACE PRÉ-GLACIAIRE MONTRÉE PAR LES PUITS.

Comme le montre la grande carte, la direction de la vallée Whirlpool-Saint-David en approchant de l'escarpement tend plus au nord qu'on le supposait auparavant. Elle se recourbe ensuite vers l'ouest comme si elle avait primitivement quitté la région du plateau, un mille au moins à l'ouest de l'emplacement actuel avec une étroite arête de roche entre elle et la vallée du lac subséquemment enlevée par l'action d'une vague ou de l'atmosphère qui a produit de cette façon une dent dans l'escarpement du Niagara.

La topographie n'est pas là celle d'une baie ordinaire à l'embouchure d'une vallée et sa structure est si particulière qu'elle exige l'attention. Il n'y a dans la topographie rien qui fasse songer à un chenal dans cette direction nord-ouest et pour admettre la direction nord-est, il faudrait une courbe brusque dans le cours de la rivière. En conséquence, on a fait l'examen des puits au nord de Saint-David. Les notes sont données dans l'Annexe III.

En aval de la brasserie précitée page 137 la surface descend jusqu'à la plaine ou terrasse Bell avec son bord situé au delà du hameau Saint-David si bien qu'elle a une largeur d'un mille au moins. Près de la rivière Niagara, la terrasse Bell devient assez étroite et surmonte des schistes et grès rouges Medina qui sont couverts légèrement seulement d'accumulations superficielles. Dans le voisinage de Saint-David, ces roches font défaut mais elles sont remplacées par des dépôts de sable et de gravier formant une terrasse d'une hauteur moyenne de 168

pieds au-dessus du lac avec une pointe inférieure au village Saint-David qui mesure 164 pieds.

Sur cette plate forme, il y a plusieurs puits dans le sable et le gravier atteignant une profondeur de soixante pieds ou l'on obtient de l'eau. A côté du chemin, un quart de mille au sud du village, chez M. Woodward, il y a un puits de 130 pieds, mais au-dessous de 60 pieds, on a obtenu très peu d'eau. On n'est pas sûr si le puits aboutit dans les dépôts de transport ou le schiste Medina; mais même si le transport atteint cette profondeur le fond du puits est encore à quarante pieds au-dessus du lac Ontario (ou seulement sept pieds au-dessous de la surface du Whirlpool). Un autre puits sur le lot 36 de cette même terrasse a quatre-vingt-dix pieds de profondeur. Plusieurs autres puits au nord de Saint-David laissent voir l'existence de roche à une hauteur qui empêche toute idée de chenal enseveli dans cette direction; mais il aurait pu contourner l'escarpement Niagara au nord-ouest.

M. J. F. Scovell[1] a signalé à l'attention l'existence d'un chenal enseveli entre Saint-David et la rivière Niagara en raison de la trouvaille de quelques puits profonds et aussi de l'absence de schiste Medina en certains endroits sur la berge occidentale de la rivière Niagara. Le résultat de l'examen des puits prouve le bien fondé de cette opinion. Sur le lot 34 on dit qu'un puits possède une profondeur de quatre-vingt-un pieds sans atteindre la roche, tandis qu'à un autre, justement enfoncé on trouve la roche à quarante pieds. Sur le lot 64, il y a absence de roche à une profondeur de quatre-vingt-dix pieds tandis qu'à un quart de mille au nord (lot 66) on trouve la roche à soixante pieds. Sur le lot 80 le puits n'a pas atteint les roches à soixante-huit pieds. Plus près de la rivière (lots 19 et 20) on n'a pas trouvé de roche à une profondeur de quatre-vingt-huit pieds. Ces traits sembleraient indiquer là un chenal à une vingtaine de pieds plus bas que le niveau du lac.

1 Proc. Amer. Asso. Ad. Sci., Vol. XXXIX, pp. 245-6, 1891.

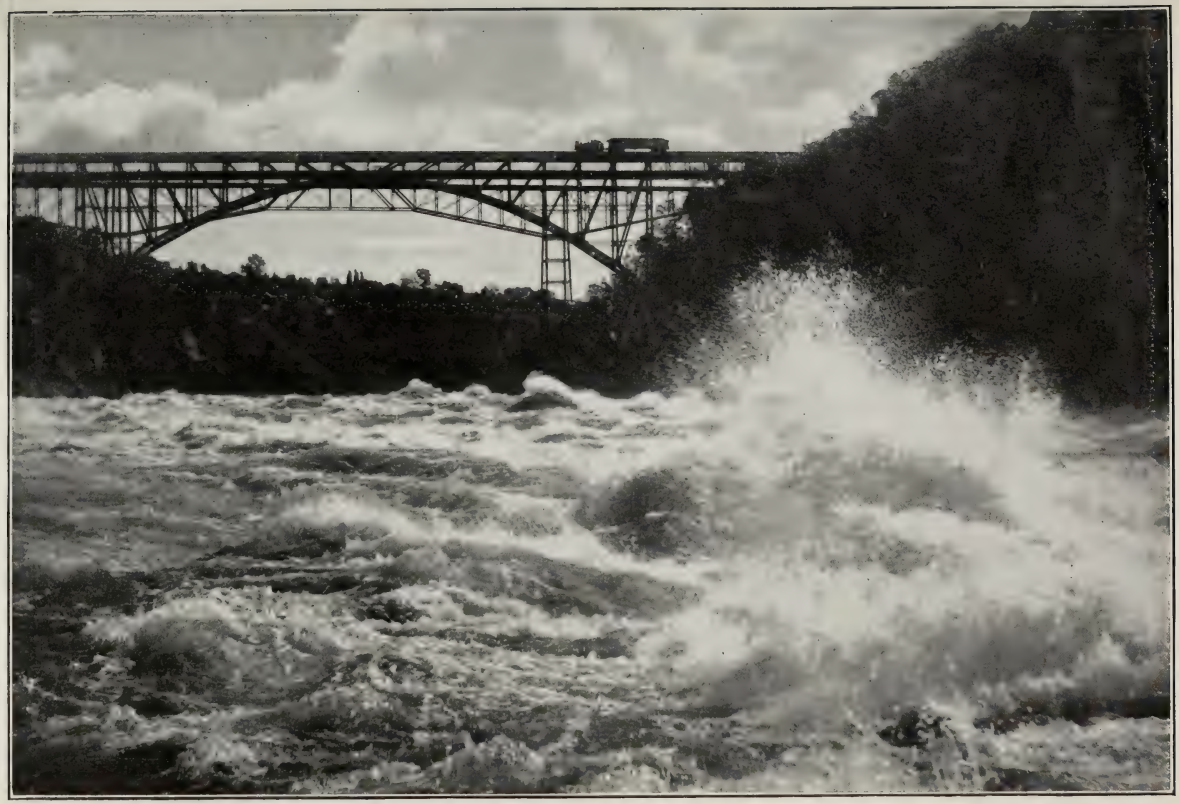
LEVÉ DES BERGES DE LA RIVIÈRE NIAGARA.

Elles consistent en schistes rouges Medina sur une distance de deux milles à peu près au nord du village Queenston, mais aprés la pointe Field ces lits disparaissent sous l'eau. Les berges forment partout des falaises à pic ayant quarante ou soixante pieds et même plus, en reculant de la rivière (*voir* planche XXIX.) Dans l'anse de Hogshollow on ne voit que de la glaise bleue et d'autres matériaux de transport. A un mille et demi à peu près en aval de pointe Field, juste au nord de point Slinglands, les schistes remontent à la surface. Le lac Ontario n'est que trois milles et demi plus loin. C'est là qu'on trouve la vallée ensevelie le long de la berge occidentale. Les berges orientales de la rivière en aval d'un pont à deux milles de l'embouchure de la gorge consistent surtout en argile d'alluvion. Si les schistes ont jamais supporté les anciens accidents topographes ils ont été réduits à un niveau inférieur à celui du lac, le long du cours de la rivière spécialement du côté est.

D'après des données recueillies, il semble qu'il y avait un chenal allant de Saint-David au Niagara, mais, jusqu'à présent il n'y a rien pour montrer quelle peut être sa profondeur. Même il a pu appartenir an drainage local et ne pas être venu de la vallée Whirlpool-Saint-David. Un vieux chenal dans le schiste plus tendre aurait ité relativement beaucoup plus large que l'abîme taillé dans le calcaire Niagara.

D'un autre côté, on peut trouver peut-être une vallée ensevelie allant au nord-ouest (mais pas au nord) jusqu'au lac, mais l'on n'a examiné qu'un ou deux puits dans cette direction.

Il peut y avoir un complexe des accidents de drainage de l'époque pré-glaciaire dans cette région, qui ne sont pas encore compris, mais ils n'ont pas d'importance s'ils ne possèdent pas une profondeur propre à jeter de la lumière sur la pente du fond de la gorge Whirlpool-Saint-David.



Vue des Rapides Whirlpool, prise d'aval.

CHAPITRE XII.

DETROIT DES RAPIDES WHIRLPOOL.

Importance de cette section.
Levé des accidents des rapides Whirlpool.
Forages au pont Cantilever avec tableau des coupes.
Accumulations dans les chenaux du Whirlpool et du détroit comparées.
Quantité d'excavation et de remplissage du détroit.
Caractère de l'ancienne vallée du détroit.
Détroit des rapides Whirlpool, excavation rocheuse par la rivière moderne.
Elargissement de la gorge en amont des rapides.

IMPORTANCE DE CETTE SECTION.

Cette section de la rivière Niagara qui est une continuation de la gorge Whirlpool-Saint-David est assez importante pour mériter une mention spéciale. La raison en est qu'il s'agit de savoir si en cet endroit la vallée comblée de transport existait si bien que la rivière a simplement balayé le transport non consolidé ou si le Whirlpool s'est dirigé droit dans un amphithéâtre de roche dure obligeant les chutes à excaver la gorge dans la roche solide comme elle le fait actuellement. Si les chutes ont rencontré du transport il était facile de l'enlever rapidement et on ne pourrait pas appliquer là la théorie du retrait relativement lent.

Les plus vieux investigateurs des chutes n'ont pas tenu compte de cette question, mais ont pensé qu'il y avait un retrait uniforme de la bouche de la gorge à l'emplacement actuel. Le Dr Julius Pohlman[1] un des premiers auteurs qui ont écrit sur la renaissance des études du Niagara a pensé que le chenal enseveli remontait jusqu'au site actuel des chutes et a pensé, par conséquent, que le temps requis pour que la cataracte rouvre la vallée comblée de drift et recule au delà du détroit a été de courte durée. Dans ce cas, il ne semble pas y avoir de limite à la longueur du chenal pré-glaciaire, même jusqu'auprès

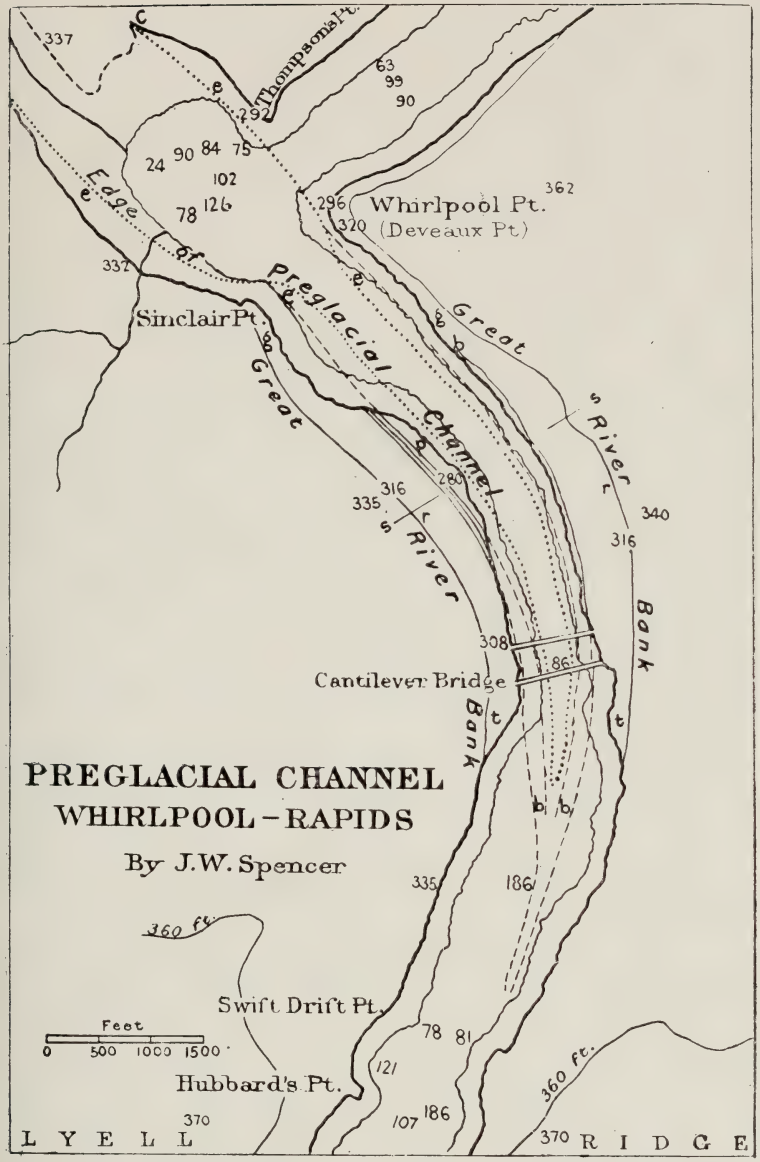
1 Proc. Amer. Asso. Sci., Vol. XXXII, p. 202, 1883. Ib. Vol. XXXV 1887.

du site actuel des chutes elles-mêmes, ni à l'exiguite de la période écoulée depuis que la cataracte a traversé la barrière du Whirlpool qui est à moitié chemin de la longueur de la gorge. Ce point seul montre bien la nécessité extraordinaire de découvrir le vrai caractère des rapides Whirlpool. Mais il y avait un autre problème non moins grand, le besoin d'expliquer l'élargissement du cañon en amont immédiat du détroit. C'était en effet une des sections de l'enquête du Niagara prêtant le plus à la critique. Beaucoup de gens ont écrit à ce sujet, et moi tout le premier, et je reconnais les difficultés que présente cette partie de la rivière, ce n'est qu'en 1899 que les forages précieux au pont Cantilever ont été exécutés, et c'est maintenant seulement qu'ont été faits les sondages nécessaires pour éclaircir cette question. Pour le travail sur le terrain je n'ai pas consulté mes anciens écrits, mais j'ai refait les études en m'appuyant sur des faits nouveaux qui sont présentés avec une discussion finale sur cette question.

LEVÉ DES ACCIDENTS AUPRÈS DES RAPIDES WHIRLPOOL.

Le levé montre que la tranchée pré-glaciaire à l'extrémité septentrionale du Whirlpool mesure 1,400 pieds de largeur. A la pointe Sinclair entre le Whirlpool et le remous du Whirlpool, 2,200 pieds au sud, l'ancienne tranchée avec son élargissement moderne mesure 1,000 pieds de largeur. Ce remous est dans une anse longue de 1,500 pieds et large de 1,300 pieds et son extrémité supérieure se noie dans le Détroit, réduit éventuellement à 750 pieds de largeur. En descendant jusqu'au niveau de l'eau la bande grise Medina est entaillée de 1,000 pieds à la fin du Whirlpool. Sous la pointe Sinclair précitée la largeur de la rivière n'est que de 600 pieds, et ceci dans une certaine mesure comprend l'agrandissement de la gorge par la rivière moderne. Au remous, elle augmente jusqu'à 850 pieds, tandis que, dans le Détroit, elle est réduite à 350 pieds. Au sud de la pointe Whirlpool (planche XV) les murs de l'est de la gorge sont

PLANCHE XX.



Carte des rapides Whirlpool, La section du Remous et du Detroit contenu dans les berges de la grande rivière (g.r.t.); la terrasse préglaciaire inférieure, P, tronqueé aux deux extrémités, mais retablie au moyen de ligne pointillées (ccb); le bord approximatif de la vallée pré-glaaiciare représenté par des lignes pointillées prenant naissance près de bb dans le chenal moins profond continué vers l'ârête Lyell, en face de la pointe Swift Drift; S.S., position de la coupe, Figure 18.

tombés de façon à élargir la vallée pré-glaciaire. Cet accident topographique avec la forme encerclante laissée à la pointe Sinclair montre la contraction soudaine du cañon enseveli produisant là la tête de l'amphithéâtre.

Si l'on compare cette structure à la topographie moderne, la tête de l'ancienne gorge profonde pourrait être cherchée à la pointe Sinclair en aval du remous, mais quel est le caractère du ravin tributaire? Pour répondre à cette question, il n'est pas nécessaire d'aller bien loin. A cinq ou sept huitièmes de mille au sud du pont Cantilever (*voir* carte, planche XX), il y a l'arête Lyell, de calcaire Niagara, se dressant des deux côtés de la rivière à 350 pieds au-dessus de notre repère. Dans les temps anciens, cette arête était tranchée, comme à la pointe Hubbard, à 317 au-dessus du lac Ontario avec une topographie arrondie correspondante. A peu de distance au nord de la pointe Hubbard la gorge actuelle à la Swift Drift est reserrée à une largeur qui ne dépasse pas 1,000 pieds. Dans l'anse entre ces pointes il n'y a pas d'indication de drainage dans aucune direction. Cette impression m'est venue lentement, jour par jour ,en vivant longtemps avec les chutes et en m'imprégnant de presque de tous leurs traits. De fait, du côté est, à un endroit où descend le chemin de fer de la gorge, je n'ai pu m'empêcher de m'imaginer que je voyais la tête du ravin des rapides Whirlpool dans une petite anse adjacente où les roches montraient des surfaces polies et arrondies (en face de CC. planche XX.)

L'accroissement de largeur du cañon est dû à des excavations subséquentes des chutes. Le détroit des rapides est dans une autre dépression de vallée. Ainsi aux ponts du chemin de fer la plancher du côté de l'ouest possède une altitude de 308 pieds tandis que du côté de l'ouest, elle est un peu moindre et au delà des roches, il s'élève à une vingtaine de pieds. Un tiers de mille au nord-ouest, il y a une autre vallée interne avec une couche glaciaire à 280 pieds, du côté canadien, tandis que du côté de New-York, l'auge pre-glaciaire n'est pas représentée,

car le mur est à 294 pieds sis entre eux. Là, la vallée ensevelie a été mise à découvert par la rivière moderne, dont les berges extérieures avaient plus de vingt pieds de hauteur (au-dessus de leur lisière à 316 pieds) et 1,500 pieds d'écartement, là où les forts courants ont sculpté des terrasses fortement marquées avant que la rivière se retrécît dans le chenal pré-glaciaire étroit que l'on trouve maintenant sans profondeur. (*Voir* planche XXIB.)

FORAGES AU PONT CANTILEVER.

Les forages à l'extrémité est du pont Cantilever, au moyen d'une perforatrice diamantée et les carottes ont fait connaître le caractère de la section comblée des rapides Whirlpool. Il a été prouvé ainsi que la roche ensevelie manquait à une profondeur de 185 pieds en-dessous de la surface de la rivière ou quatre-vingt-sept pieds plus bas que le lac Ontario (page 65). De l'épaisseur totale des 185 pieds, on a trouvé que 124 pieds

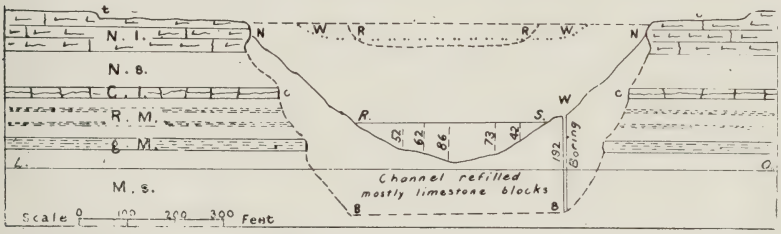


Fig. 21.—Coupe transversale du canyon du pont Cantilever. Il est de 100 pieds plus long à l'endroit le plus étroit de la gorge. N.L., calcaire Niagara; N.S., schiste Niagara; C.C., calcaire Clinton; R.M., schiste et grès rouge Medina; g., M., grès gris Medina; M.s., schiste Medina; L.O., niveau du lac Ontario; E. Niveau de la rivière; W., forages du côté est; N.C.B.B.C.N., forme approximative du chenal recomblé; chenal pré-glaciaire entre les limites de W.—W, et R—R; t.t., terrasses montrant la frontière de la rivière Niagara avant qu'elle se soit enfoncée dans chenal des rapides Whirlpool.

consistent en blocs et en cailloux de calcaire et seize pieds de grès, le tout avec de la glaise intermédiaire. Quelques-uns des blocs avaient une épaisseur de dix à douze pieds; par exemple dans le voisinage de soixante-quinze pieds en-dessous de la surface de la rivière. La pente du talus se prolonge au delà des falaises suspendues de calcaire Niagara sur une distance de

220 pieds d'un côté et de 222 de l'autre, avec la largeur de la rivière de 410 pieds et une profondeur maximum de quatre-vingt-six pieds (figure 21).

Si l'on examine maintenant cette coupe à l'échelle vraie, avec l'uniformité de déclivité des deux côtés, on est frappé de la grande raideur à la pente couverte du bord de la falaise au fond du puits; et aussi du fait que la pente du côté ouest devrait être la même que du côté est. Ceci laisse l'impression que le fond de la gorge doit avoir été deblayé par un courant plus vigoureux que le courant actuel, ou par un courant creusant le lit du chenal et enlevant les débris aussi vite qu'ils tombaient dans le cours d'eau. On ne peut pas savoir combien le milieu du chenal enseveli est plus profond que le fond du puits, mais sa profondeur atteint le même niveau au-dessous de la surface du lac Ontario que le chenal de la rivière en amont de cet endroit. On ne peut donc pas s'attendre à une beaucoup plus grande profondeur.

TABLE DES FORAGES À LA CULÉE EST DU PONT CANTILEVER.

		Pieds.
*Surface du sol	à	253.6
Roche de chaux (bloc tombé)	"	247
Caillou	"	247
Ardoise noire	"	243.9
Cavité	"	243
Cailloux	"	238.6
Roche de chaux	"	237.25
Argile et cailloux	"	234
Argile	"	231
Roche de chaux bâtarde	"	239.5
Argile	à	228
Roche de chaux bâtarde	"	225
Argile	"	223
Roche de chaux bâtarde	"	222
Argile et cailloux	"	218
Roche de chaux bâtarde	"	217
Argile	"	213
Roche de chaux bâtarde	"	211.5

*Surface du sol à huit pieds à peu près au-dessus de la rivière qui est presque à quatre-vingt-dix-neuf pieds au-dessous du lac Ontario. Repère présumé à 300 pieds qui est là le sommet du toit de la tour. Les chiffres sont pris directement de la coupe des Ingénieurs du chemin de fer. Il faut remarquer que quelques uns des massifs de calcaire sont très gros, mais ils ne sont pas à leur emplacement naturel car ces massifs et les blocs de grès signalés sont à des profondeurs dans le chenal bien au-dessous des niveaux auxquels sont leurs lits. En un mot, ils comblent un chenal qui a été entaillé à même les schistes Medina.

		Pieds.
Argile et cailloux	à	208
Roche de chaux	"	206.5
Argile et cailloux	"	203
Roche de chaux	"	202
Argile et cailloux	"	198
Cailloux	"	197
Argile	"	178.5
(Fond de l'encaissement)	"	176
Roche de chaux	"	175
Argile et cailloux	"	171
Roche de chaux	"	161
Argile	"	159
Roche de chaux	"	147.6
Argile et cailloux	"	139
Roche sableuse	"	135
Argile et cailloux	"	131
Roche sableuse	"	128
Argile	"	127
Roche sableuse	"	121
Argile et cailloux	"	119
Roche sableuse	"	116
Argile	"	111
Roche sableuse	"	110
Argile et cailloux	"	93
Roche sableuse	"	92
Argile et cailloux	"	82
Roche sableuse	"	81
Argile et cailloux	"	80
Argile et cailloux et un peu de schiste rouge	"	62
Ceci est le fond du chenal. Schiste rouge, roche de fond	"	57

COMPARAISON ENTRE LES ACCUMULATIONS DANS LES CHENAUX DU WHIRLPOOL ET DES RAPIDES.

Si l'on étudie la nature des matériaux de remplissage dans la gorge et si on les compare à ceux qui comblent le chenal Whirlpool Saint-David, le contraste est frappant.

Dans la dernière tranchée citée les accumulations sont des sables, graviers anguleux, un peu de terreau, rarement un caillou et les cailloux que l'on trouve se composent de roches cristallines. Un peu d'argile sableux rouge couvre la surface. Ce matériau de transport est maintenant d'une profondeur réelle connue de 269 pieds. On a remarqué un ou deux blocs seulement de calcaire Niagara sur les côtés de ces dépôts; et aussi les cailloux qui se sont accumulés à l'extrémité du Whirlpool sont presque entièrement des roches cristallines transportées. Le contraste de ce matériau glaciaire et de celui

du forage du pont Cantilever composé de roches Niagara éboulées est une preuve concluante de la nouveauté de la gorge des rapides Whirlpool jusqu'à la profondeur de 185 pieds en dessous de la surface de la rivière.

QUANTITÉ D'EXCAVATION ET DE REMPLISSAGE AU DÉTROIT.

Il y a là un cañon d'étroitesse sans égale atteignant une profondeur de 395 pieds au-dessous du plancher avoisinant de la vallée extérieure. Dans la coupe, on trouve que quatre-vingt-douze pieds se composent de calcaire dur, vingt-cinq pieds de grès rouge plus tendre sans compter les lits plus minces qui sont périssables, car ils n'ont pas de résistance, (comme on le voit dans la planche XX1A, page 165), et de vingt pieds de grès gris dur avec la vase du plus bas de ces lits à quarante-deux pieds au-dessus du lac Ontario. Les 128 pieds inférieurs de la gorge comblée sont creusés dans du schiste tendre qui ne pourrait fournir aucun des calcaires ou grès qu'on trouve dans la profondeur inférieure du forage.

Quand toute la force du courant a été détournée dans le plus petit chenal pré-glaciaire, la plupart des lits de schiste ont été balayés, ainsi que quelques-unes des couches les plus minces de calcaire et de grès friable, bien qu'il reste quelques schistes—allant jusqu'à quarante-cinq pieds sur 255, total des litsde ce genre qu'on trouve ici. Quelques schistes donnent des argiles dans les interstices entre les cailloux quand ils sont protégés contre les courants les plus forts.

On peut maintenant comparer la coupe transversale de l'abîme actuel avec celle de gorge à son maximum de développement d'un côté et de l'autre avec la petite vallée pré-glaciaire qui a donné naissance au cañon étroit des rapides Whirlpool. Comme le montre la figure 21, l'étendue de la coupe transversale de la portion ensevelie mise au jour par forage est de 248,000 pieds carrés, celle de la gorge moderne est de 156,000 pieds carrés, laissant la portion ensevelie représentée par 92,000

pieds carrés. De cette dernière quantité 69,000 pieds carrés consistent en calcaire dur ou blocs ou cailloux de grès.

L'étendue des calcaires Niagara et Clinton et la bande grise de calcaire Medina qui sont tombés de leur position naturelle dans la gorge, avec la portion enlevée dans l'époque pré-glaciaire, s'élève à 87,000 pieds carrés. La différence entre ces chiffres représente 18,000 pieds carrés enlevés de la stratification naturelle dans la gorge à l'époque pré-glaciaire. C'est-à-dire que la vallée ancienne avait une coupe transversale de cette étendue; et si elle était répartie sur une largeur de 600 pieds, sa profondeur aurait été de 30 pieds et cette forme aurait sèé un peu facilitée par l'existence de la tablette inférieure à 280 pieds en dedans du détroit. Cette forme de coupe est représentée en (a,) figure 18 (page 111). D'un autre côté, si la largeur était de 400 pieds, auprès de ce qu'est la rivière, la profondeur aujourd'hui, aurait dû être de quarante-cinq pieds, comme on le voit en R R (figure 21).

Dans ces calculs ils se produit quelques erreurs dans l'évaluation de l'amas de cailloux tombés, dont les interstices sont comblés avec de l'argile, et traités comme si c'était de la roche solide dans sa stratification naturelle. En tenant compte de cette structure, il se produit un déchet de l'amas tombé et une augmentation de la dimension de la vallée pré-glaciaire. D'un autre côté, l'enlèvement de la matière argileuse par le fort courant de la rivière emporte beaucoup de matériaux des lits les plus minces de calcaire et de grès, et si on en tient compte il y a lieu de diminuer l'étendue de la gorge pré-glaciaire. Cependant, que le chenal ancien soit un peu plus grand ou un peu plus petit qu'il est représenté ici, l'analyse montre qu'il n'y avait pas là de gorge profonde. En conséquence, ce cañon enseveli et comblé en partie, profond de presque 400 pieds a été excavé par les chutes modernes quand la surface de la rivière, était un peu plus basse que maintenant. La vallée ancienne y a détourné les eaux de la rivière, si bien que la force concentrée

a enlevé les débris et laissé les murs escarpés comme les a montrés les forages profonds.

Au retrait des chutes au delà de cette section, grâce au recul de l'eau dans la gorge d'aval, le fond du chenal n'a pas pu être dégagé; en conséquence, en-dessous du fond de la rivière, qui mesure quatre-vingt-six pieds de profondeur au pont Cantiveler, le chenal est repris par les roches tombées, comme le montrent les forages au pont. Juste en aval du pont, les rapides Whirlpool descendent impétueusement de cinquante-deux pieds aux rapides Whirlpool. Indubitablement ces rapides sont formés de plocs tombés dans le chenal du bord suspendu de l'abîme, bien que la plus grande partie du comblement se soit produite antérieurement sans créer les rapides actuels qui se sont achevés seulement après que les chutes eussent retraité jusqu'auprès de leur position actuelle, ce qui explique la fraicheur des murs et l'absence totale de dentelure, à l'endroit où le creek Maddy descend le mur occidental au détroit.

CARACTÈRE DE L'ANCIENNE VALLÉE AU DÉTROIT.

Jusqu'à présent l'attention s'est portée avant tout sur le caractère moderne du chenal aux rapides Whirlpool. M. P. W. Currie[1] mérite des félicitations pour avoir appelé l'attention sur ces cailloux et ces blocs tombés trouvés dans les forages. Ce chenal est excavé dans une vallée externe qui a une hauteur de 308 pieds au-dessus du lac Ontario de son côté occidental aux ponts du chemin de fer. Sur un quart de mille vers le nord il y a un fragment d'une terrasse rocheuse inférieure taillée, ayant une largeur de 125 pieds et une altitude de 280 pieds. Sa surface marquée par la glace montre qu'elle est ancienne. Elle est représentée en (a) figure 18, page 111). C'est la partie la plus étroite à la gorge—750 pieds seulement de largeur, ou cent pieds de moins qu'au pont Cantilever où il n'y a pas de restes d'une terrasse inférieure. (*Voir* carte, planche XX.)

1 Trans. Can. Inst., Vol. VII, pp. 7-14, 1891.

Il ne reste pas de terrasse inférieure du côté est où le mur de la gorge s'élève quatorze pieds plus haut. Cet enlèvement a été occasionné par les courants qui empiètent et minent le côté est plus que le côté ouest. Cependant la largeur de la vallée interne, avec sa profondeur paraissent avoir été suffisantes pour donner une coupe transversale de 18,000 pieds carrés montrant le chenal préglaciaire incapable de contenir le volume total de la rivière.

Cette conclusion est tirée du fait que le chenal interne est situé dans un chenal externe plus large, borné par des berges excarpées montrées dans la vue et la planche XXI B, et en t t, figure 18. Ces lettres désignent la lisière de la grande rivière. Le chenal extérieur continue jusqu'à la pointe Sinclair où la berge tourne brusquement au bord de l'abîme du Whirlpool. En amont de la pointe Sinclair et au delà de la section du remous (sur la carte, planche XX), les chutes ont creusé un cañon beaucoup plus large. Ce large amphithéâtre au remous n'était pas produit par les chutes agissant dans un abîme étroit, mais il montre que beaucoup de l'eau débordait sur toute l'extrémité du chenal extérieur avant que la largeur du cours d'eau principal fût réduite.

Un chenal dans une section évaluée comme ci-dessus, ne pourrait pas recevoir la plus grande partie du volume de la rivière, tandis qu'une portion serait détournée par le débordement de Chicago dans le drainage du Mississipi. Cet état de choses a continué jusqu'à ce que les chutes eussent reculé dans l'ancienne vallée jusqu'à un point où elle était trop petite pour diriger les forces de la cataracte après le retour du volume total de la rivière, et alors l'eau a débordé les côtés de l'abîme et a recommencé à l'élargir.

Il paraît ainsi que la tranchée pré-glaciaire aux rapides Whirlpool, commençant à la tête de l'amphithéâtre Whirlpool, entre la pointe Sinclair et quelques centaines de pieds au sud, s'est prolongeé plus haut et au sud dans la section du détroit.

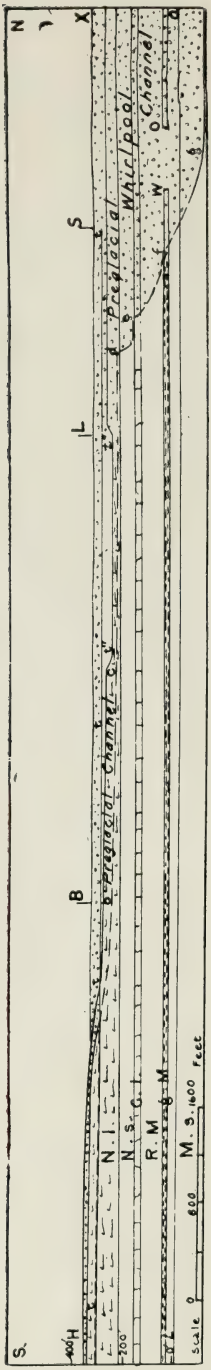


Fig. 22.—Coupe longitudinale du chenal préglaciaire de l'arête Lyell au Whirlpool. N. L., calcaire Niagara; N. s., schiste Niagara; C. l., calcaire Clinton; R. M., grès et schistes rouges Medina; g. M., grès gris Medina; M. s., schiste Medina; H—pointe Hubbard; B—pont Cantilever; L—limite du Détroit; S—pointe Sinclair; X—tête actuelle du Whirlpool; H t d e f g—lit de la vallée préglaciaire comblée de matériaux detransport; t t t t—terrasse solide moderne à 316 pieds; t" t"—terrasse à 280 pieds; W. O., position du débouché du Whirlpool; L. O., niveau du lac Ontario.

PROPRIÉTÉ D
PÈRES O
EGLISE ST. P R
MONTRÉAL

Pour permettre à une partie de la décharge de continuer à s'écouler sur le plancher de la vallée extérieure principale et, en même temps, détourner la majeure partie de la force dans le chenal principal, sa profondeur doit avoir été moindre que l'épaisseur du calcaire Niagara, d'autant moindre, qu'au début, il y avait une grande chute à son extrémité inférieure, occupant toute la vallée externe. Cette occupation du plancher du chenal pré-glaciaire était comme un débouché latéral des eaux sur le mur des chutes au delà de la cime actuelle. De cette façon s'est formée l'anse du remous plus large qu'entre les points Sinclair et Whirlpool. Mais la force plus grande de la rivière, dans la vallée pré-glaciaire, doit avoir approfondi le chenal suffisamment pour enlever l'eau de la vallée extérieure qui est plus large. Ce trait est indiqué par la concentration de la section du remous à la fin du détroit où la rivière n'épand plus ses eaux sur le chenal large.

Ceci explique d'une façon satisfaisante la section remou. La caractéristique d'une ancienne gorge de ce genre serait la descente du haut de la pente par des marches tailleés sur les grès plus durs du Niagara, Clinton ou Medina, représentées dans la coupe longitudinale, figure 22.

Il n'y a pas lieu de supposer que l'ancienne vallée se terminait brusquement à l'extrémité supérieure du détroit, car la surface de la terre pré-glaciaire au delà de cet endroit continue à s'élever sur une distance de trois quarts de mille jusqu'à l'arête Lyell, dont le sommet rocheux mesure une altitude de 370 pieds. L'arête forme la ligne de partage entre la vallée Whirlpool et le bassin Falls-Chippawa allant dans le sens opposé (voir planche XXII).

Même au temps pré-glaciaire la hauteur totale de l'arête était brisee, car l'ancienne érosion à la ligne de partage l'avait réduite de 50 pieds et ramenée à une hauteur de 320 pieds à la pointe Hubbard. En étudiant les traits sur le terrain il règnait toujours une forte impression que le cours d'eau proprement dit

prenait sa source dans une petite anse en face de la pointe Swift Drift où le chemin de fer de la gorge commence sa descente et que le bassin ou anse entre la pointe Swift Drift et la pointe Hubbard était un bassin comme beaucoup d'autres sur le sommet de lignes de partage qui égouttaient dans les deux directions.

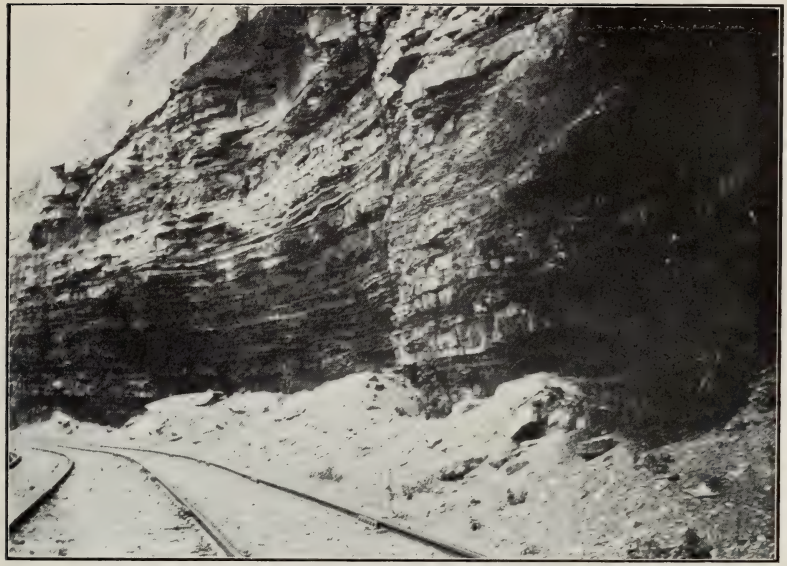
DÉTROIT DES RAPIDES WHIRLPOOL.—EXCAVATION ROCHEUSE PAR LA RIVIÈRE MODERNE.

Des mesurages attentifs obtenus par des sondages et particulièrement par les forages du pont Cantiveler, montrent par leurs résultats que la gorge pré-glaciaire Whirlpool n'allait pas beaucoup plus loin que la pointe Sinclair bien qu'un petit chenal y conduisît. Par suite, les chutes, sauf au Whirlpool, ont eu à excaver toute la gorge à même la roche solide, et c'est ce qu'elles font encore aujourd'hui.

Plusieurs observateurs ont, croit-on, remarqué qu'un chenal enseveli peut être parvenu presque jusqu'au site des chutes actuelles. Ce n'était pas cependant nettement indiqué à cette époque quand j'ai dit "qu'en cet endroit la rivière Niagara a pris possession du flanc oriental d'une vallée comblée de drift".[1] Mais plus tard mon opinion a été clairement exprimée quand j'ai dit que le chenal de la rivière moderne "maintenait en totalité sa largeur et sa profondeur, mais que le rétrécissement s'applique à la gorge seule" c'est-à-dire à la gorge interne comblée de transport. "La profondeur de la dépression est plus forte au centre et la rivière a pris possession d'une portion plus profonde et à l'enlèvement du transport a foncé dans la gorge". "Cette vallée ensevelie basse a commencé dans l'arête Johnson," (c'est l'arête Lyell à la pointe Hubbard), "juste en amont des ponts de chemin de fer et s'étendait jusqu'au Whirlpool dont la chaudière est seulement un prolongement profond du

1 Amer. Journ. Sc. Vol. 3, pp. 455-472, 1894.

PLANCHE XXIA.



Vue de la coupe de schistes et grès rouges Medina, sur la ligne de la Gorge, juste en dessous du pont du G.T.R.

PLANCHE XXIB.

Vue de la berge de la rivière originale en dehors du Détroit de la Gorge, devant Mount Eagle.

même chenal[1]." Cette expression d'opinion était seulement un avant-coureur du travail actuel et ce n'est pas sans beaucoup de satisfaction que la suite l'a confirmé.

Subséquemment à la contribution précitée, M. F. B. Taylor, qui a été un des principaux investigateurs de l'histoire postérieure des lacs, a soumis une étude à ce sujet en 1898. Il a pensé alors qu'il y avait un amphithéâtre à la tête du Whirlpool, situé à la pointe Sinclair, mais il n'a pas donné d'importance à la petite vallée qui fournissait les eaux de l'ancienne petite cataracte.

Avec cette modification, les conclusions de M. Taylor s'accordent avec celles que j'ai antérieurement exprimées. La tête de l'amphithéâtre descendait évidemment par une série de marches qui se prolongent dans la section remou. L'origine du détroit des rapides Whirlpool est maintenant posée, c'est-à-dire que la plus forte partie de la rivière était concentrée dans l'étroite vallée pré-glaciaire tandis qu'une autre partie du drainage du lac débordait par Chicago. Tant qu'une portion considérable de la rivière s'est concentrée dans le chenal, il ne pouvait s'élargir qu'en minant les côtés en dessous.

Il est advenu que cette ancienne vallée n'était pas assez grande pour prendre tout le volume de la rivière augmenté de la portion de l'eau détournée temporairement à Chicago. Pour expliquer le détroit Whirlpool, M. Taylor a formulé un retrait temporaire des eaux de l'Huron quand les chutes ont passé les rapides. Il a cru que le détournement temporaire a été causé par certains changements du débouché du lac Algonquin avant que les eaux eussent finalement reculé au sud par l'élèvement de la barrière du lac Nipissing. Je n'ai rien trouvé à l'appui de cette théorie, parce que l'ancienne ligne de rivage du lac Algonquin a coupé net le débordement du lac Huron au sud, jusqu'à ce que la barrière fût rompue par l'élèvement de la terre au débouché Nipissing. Son hypothèse reposait sur

1 Amer. Journ. Sc. Vol. 4, p p'439, 450, 1898.

l'achèvement de la réduction du volume avant l'addition originale du drainage du Huron.

Il a été prouvé que la diversion de M. Taylor n'est que partielle. Elle était due au débordement à Chicago dans le drainage Mississipi et non aux barrages glaciaires comme on le supposait. (*Voir* chapitre XXVIII.) La quantité de diversion suffisait pour amener le retrait de l'eau de la portion moins profonde du chenal aux rapides Whirlpool si bien que les chutes ont produit un cañon de 750 pieds de largeur au lieu de 1,200 pieds ailleurs.

ÉLARGISSEMENT DE LA GORGE EN AMONT DES RAPIDES.

Comme le chenal extérieur au détroit est de 1,500 pieds de largeur avec la gorge réduite à 750 pieds et qu'il y avait une petite réduction temporaire du débit de l'Huron qui a abaissé là le volume de l'eau, la question qui se pose consiste à savoir ce qui a amené l'élargissement rapide de la gorge de 1,300 à 1,400 pieds en amont du détroit des rapides Whirlpool. Cette largeur devrait être un peu réduite par l'action de la gelée et l'entaille en dessous des falaises par la rivière, si bien que les berges orientales en amont ont été minées et sont complètement tombées, mais un peu plus haut, à la pointe Hubbard, elles reparaissent et montrent que la rivière a eu 1,200 pieds de largeur. Comme le chenal pré-glaciaire est devenu trop étroit pour diriger le cours de la rivière ainsi réélargi, elle déborde à la tête du chenal et sur le côté de l'entaille plus étroite, comme elle l'a fait autrefois pour contourner la platière Wintergreen et maintenant pour couler sur la tablette de l'île Goat, sur le côté du sommet des chutes actuelles et entailler les flancs jusqu'à ce qu'elle puisse élargir une gorge assez grande pour recevoir le volume des chutes. Pour accentuer ce trait la rivière ne se précipitait pas dans le chenal confiné, comme elle fait aujourd'hui sous le pont Cantilever, mais elle passait à une moindre vitesse et traversait une plus grande périphérie avec

les effets de déchaussement qui en résultent. Jusqu'à présent les faits connus montrent qu'il n'y a pas eu beaucoup de changement dans le caractère de la gorge, si ce n'est qu'il y a eu beaucoup d'affouillement des murs et d'éboulement des berges de la rivière originale.

CHAPITRE XIII.

VALLÉE ENSEVELIE FALLS-CHIPPAWA.

Forages de puits, profondeur de transport et absence de chenal à l'ouest de la gorge.
Vallée indiquée par les puits profonds adjacents aux chutes.
Elargissement au sud de la vallée Falls-Chippawa.
Origine des rapides d'en haut et Grand Bassin des Chutes.
Vallée Falls-Chippawa au sud du parc Victoria.
Dernier renversement du drainage aux Chutes.
Terrasses inférieures du bassin des Chutes.
Résultats de la trouvaille de la vallée Falls-Chippawa.

FORAGE DE PUITS, PROFONDEUR DU TRANSPORT ET ABSENCE DE CHENAL À L'OUEST DE LA GORGE.

On a déjà signalé aux premières pages le bassin visible aux chutes signalé par Hall, Lyell et Julius Pohlman. Plus tard, M. Scovell a constaté qu'il y a des puits profonds à l'ouest de Clifton House, et il a pensé qu'une vallée ensevelie allait du site actuel des chutes à la vallée Saint-David. Apprenant qu'il y a des puits profonds, j'ai provisoirement suivi M. Scovell et j'ai considéré la vallée Whirlpool-Saint-David comme tributaire d'un chenal plus grand et moins profond à l'ouest (1894).

La vallée en amont des chutes est large, le débouché de la vallée Whirlpool-Saint-David était supposé large et l'on s'aperçoit maintenant qu'elle est étroite. Puis, de plus, la rivière aux rapides d'en haut était presque en droite ligne avec le drainage Tonawanda de Pohlman. Par suite ces traits plus larges étaient en faveur de l'emplacement de la vallée supposée et fournissaient une hypothèse exploitable, spécialement en raison de ce que la forme de cañon de la tranchée Whirlpool-Saint-David n'avait pas fait l'objet d'un levé.

En commençant à réétudier la nature physique des chutes du Niagara, le premier travail à faire consistait à décider comment

ce bassin des chutes avait pu provenir de cours d'eau allant à l'ouest du cours actuel vers St-David. Pour s'assurer de l'origine de ce bassin qui est excavé de soixante pieds dans le calcaire résistant, il a fallu obtenir les profondeurs de beaucoup de puits, quelques uns avaient quatre-vingt-dix pieds avant d'atteindre la surface rocheuse. Le plancher rocheux enseveli a été ensuite déterminé en prenant les niveaux des puits. Le résultat a montré que la surface pré-glaciaire est trop haute, pour une tranchée allant des chutes au nord sur le côté ouest de la rivière.

Le plancher rocheux du pays à l'ouest de la rivière, depuis la ville de Niagara-Falls et longeant Lundys Lane possède une altitude générale de 340 pieds au-dessus du lac Ontario, tandis que la surface pré-glaciaire du bassin aux chutes a été réduite à 258 pieds.

VALLÉE INDIQUÉE DANS LES PUITS PROFONDS AVOISINANT LES CHUTES.

On a trouvé au sud-ouest des puits profonds. A l'ouest du parc Victoria sur la propriété des Carmélites (puits No. 6,) les forages traversant le transport ont atteint une profondeur de quatre-vingt-quinze pieds et montrent que le plancher à 700 pieds en arrière du bord supérieur des collines de transport a été réduit à 277 pieds au-dessus du lac Ontario. On a constaté que cet endroit est sur le flanc d'un chenal enseveli. Beaucoup d'autres puits ont été creusés et sont indiqués sur la carte. A la suite de ces fonçages de puits profonds on a trouvé une auge profonde entre le plancher rocheux au sud de Drummondville et le plancher qui se soulève auprès des rapides d'en haut et à Chippawa. La largeur de la partie supérieure de l'auge a été nettement mise à jour, car elle a été traversée obliquement par la ligne de conduites de l'Ontario Power Company, ce qui a fait voir des dépressions dans la roche sur une distance de 2,400 pieds ou le long d'une section de 1,700 pieds environ

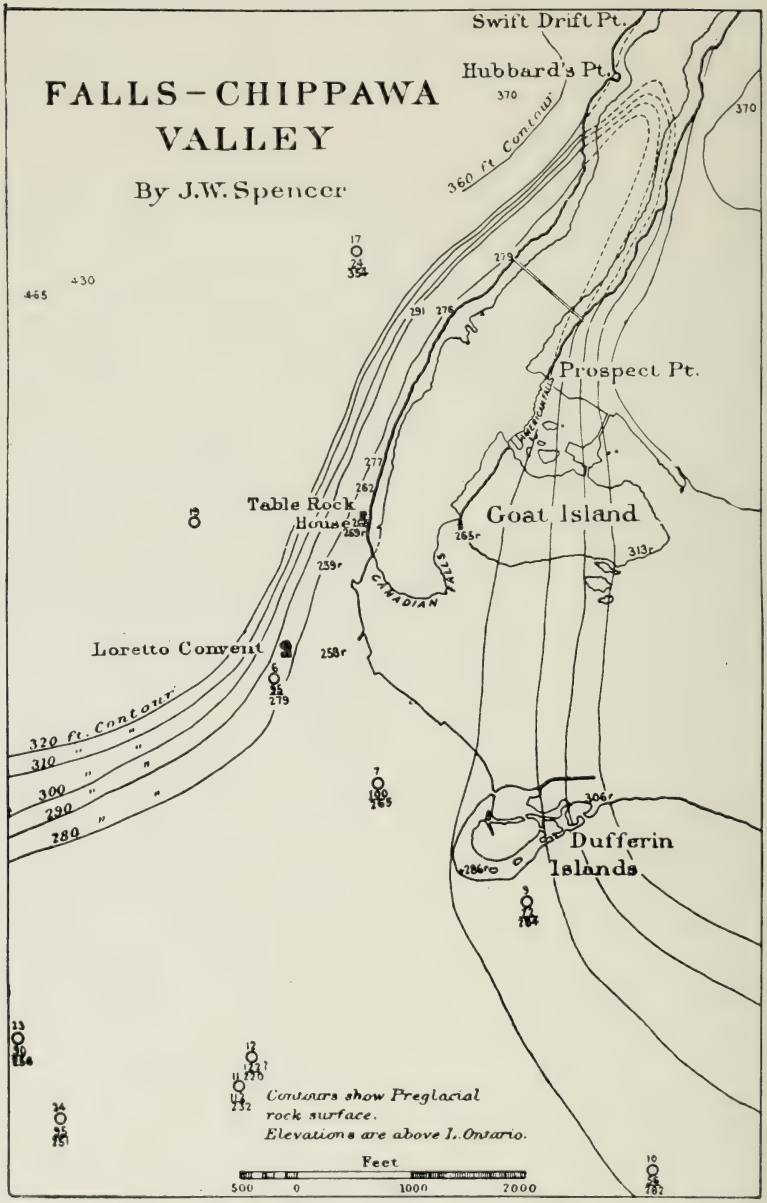
traversant directement l'ancienne vallée avec absence de la couche rocheuse au-dessus du niveau de 259 pieds. De chaque côté la lisière rocheuse s'élève à 320 pieds au moins. En conséquence le bassin rouvert des chutes Niagara allait au sud sous les collines de transport.

On a constaté alors au moyen d'autres puits profonds, quelques-uns situés à trois milles de distance, que le plancher rocheux sous la surface plate du pays a été réduit à la même profondeur que le bassin des chutes. Cela a donné l'idée d'une tranchée. Il parut alors qu'on avait découvert une vallée qu'avait fourni un grand cours d'eau pour creuser la vallée Whirlpool-St-David. C'était avant l'analyse complète des rapides Whirlpool. De fait, des semaines se passèrent avec l'addition de temps à autre d'autres données, avant qu'on essayât d'autres investigations dans le sens où elles conduisirent plus tard. Si j'avais alors commencé ma publication, j'aurais commis une erreur grave. J'aurais omis l'importance des traits à la pointe Hubbard et j'aurais affirmé que l'ancien creek Chippawa avait été détourné dans le chenal Whirlpool-St-David, conformément à la topographie.

ÉLARGISSEMENT MÉRIDIONAL DE LA VALLÉE FALLS-CHIPPAWA.

A la pointe Hubbard et en face de la pointe Swift Drift qui est au delà, le plancher d'une vallée pré-glaciaire était à 317 pieds au-dessus du niveau du lac Ontario. Cette dépression s'était faite dans les formations de calcaire de l'arête Lyell qui croise là la direction de la gorge et s'élève en arrière de la rivière à 370 pieds. Si l'on se tient à l'extrémité orientale du pont à arche supérieur et si l'on regarde la large vallée bornée d'un côté par les rapides d'en haut et de l'autre par la colline en terrasses du parc Victoria et si l'on se tourne de l'autre côté on voit que les terrasses du côté canadien décrivent une courbe autour de la pointe Hubbard et paraissent rencontrer

PLANCHE XXII.



Carte de la vallée pré-glaciaire Falls-Chippawa.

celles qui sont du côté de New-York, qui, auprès de l'extrémité du pont, sont supportées par de la roche à la surface ou auprès. L'aspect présente un amphithéâtre presque clos au nord et s'élargissant au sud, ce qui fait songer à une ancienne topographie égouttant au sud-ouest. En appliquant les mesurages, on voit partout la roche près de la surface, en remontant le chemin de la Traverse qui part de l'Hôtel Clifton, car sa surface a été récemment mise au jour dans les tranchées d'égout. Sur la carte (planche XXII) la frontière de cet ancien bassin a été établie au niveau de 320 pieds au-dessus du lac Ontario, car au-dessus, le plancher rocheux s'élève assez lentement, tandis qu'à la pointe Hubbard, le plancher ancien a une altitude de 317 à 320 pieds.

En face du chemin de la Traverse, de l'autre côté du point correspondant du parc Prospect, la vallée a augmenté de 1,200 pieds à la pointe Hubbard à une largeur de presque 2,500 pieds bien qu'elle n'eût que 5,000 pieds au sud de la pointe Hubbard. Une autre traverse de 3,000 pieds nous amène en face du coin sud de l'île Goat. De la rive rocheuse près de la gorge jusqu'à la terrasse derrière le parc Victoria, il y a une distance de 3,500 pieds, mais comme le rebord canadien est là enseveli, on ne sait pas exactement les quantités qu'on doit ajouter à cette largeur.

A une autre section, 3,000 pieds au sud du monastère des Carmél ites, la distance, du bord rocheux des rapides d'en haut à l'île Goat, jusqu'au puits (No. 6,) est de 4,700 pieds à peu près. Ainsi, le dessin de l'élargissement du bassin au sud, bien que prenant naissance seulement à la pointe Hubbard s'appuie sur les mesurages réels et l'élargissement s'accroît de 1,200 à 4,800 pieds au moins dans une distance de moins de 2 milles et la profondeur augmente de soixante pieds à peu près dans la même distance. Même à 270 pieds au-dessus du repère, sa largeur dans le parc est de 1,600 pieds. Comme on l'a déjà dit, nulle part au nord du voisinage immédiat de ce chenal,

comme au pont à arche supérieur ou ailleurs, au nord, il n'y a de restes d'un plancher pré-glaciaire inférieur à 280 pieds. Cet élargissement et approfondissement au sud-ouest avec une pente descendant de l'arête la plus élevée à la pointe Hubbard a imposé la conclusion que la vallée Falls-Chippawa était un trait pré-glaciaire du drainage dans une direction opposée à celle qu'il suit actuellement. Entre parenthèses, on peut dire qu'à cette arête Lyell plus élevée, à la pointe Hubbard, bien que sa surface soit due à l'action atmosphérique sur les calcaires Niagara, les traits d'érosion ont été déterminés par un dérangement physiques des strates (voit planche XVI, page 125) qui, du côté nord possédaient un plongement général sud-ouest et de l'autre côté un plongement au sud-est.

ORIGINE DES RAPIDES D'EN HAUT ET DU BASSIN DES CHUTES.

C'est ainsi qu'a été découverte l'auge du bassin Falls-Chippawa qui a révélé l'origine des rapides d'en haut de la rivière Niagara parce que leur pente appartenait à la surface pré-glaciaire du côté sud-est de la dépression Falls-Chippawa.

VALLÉE FALLS-CHIPPAWA AU SUD DU PARC VICTORIA.

L'établissement de cette vallée Falls-Chippawa n'était pas complet avec les données déjà fournies. Il y avait un espace de trois milles au sud-ouest du parc Victoria qui demandait investigation. Au village Chippawa, dans le puits No. 8, le plancher rocheux a une altitude de 298 pieds. Le plancher est là effectivement plus bas qu'à la prise près de l'extrémité supérieure du chenal Dufferin Island où il est à 300 pieds. Un peu en aval de cet endroit, au coude du chenal Dufferin, l'ancienne surface est à 286 pieds et lans le puits Logan (No. 9) situé auprès de la roche il est à deux pieds plus bas. A un autre puits (No. 7,) peu de distance à l'ouest, la surface rocheuse est réduite à 265 pieds ou sept pieds seulement plus haut que la partie la plus basse du plancher du chenal dans l'anse sud-ouest

du parc, qui était autrefois couverte d'un lit de gravier enlevé depuis en posant les tuyaux à eau d'une des compagnies d'énergie. Ainsi, le côté sud-est du bassin Falls-Chippawa est établi. Le puits des Carmélites (No. 6), près du couvent de Loretto, montre le plancher rocheux à 279 pieds; c'est sur la partie inférieure de la frontière qui monte au nord-ouest. On ne s'est pas assuré nettement des limites de cette frontière, mais on peut s'attendre dans ce voisinage à trouver la roche à 330 ou 340 pieds.

A trois quarts de mille à peu près à l'ouest du puits des Carmélites, dans un autre puits (No. 13,) on dit que la profondeur est de 100 pieds. Dans ce cas, le plancher rocheux est réduit à 266 pieds, et même il est un peu plus haut, cela indique une baie de large dimension où s'étale le bassin Falls-Chippawa en reculant de la rivière Niagara. Un mille au sud-ouest de ce dernier endroit, le puits Malone (No. 20) atteint le plancher rocheux à 312 pieds au-dessus du lac Ontario, tandis que le puits Grey (No. 21), trois quarts de mille plus au sud, montre la roche au niveau de 267 pieds; si bien que la ligne frontière est quelque part en ces deux derniers endroits (*Voir* planche XII et la grande carte où les puits sont indiqués). Un demi-mille au sud du puits Grey, il y a le puits de la Traverse (No. 22.) Il est situé juste au nord du creek. La surface de la roche est à 259 pieds. On trouve ainsi que la baie se détourne au sud-ouest dans un plus grand bassin entre l'arête de calcaire Niagara d'un côté et le calcaire cornifère de l'autre.

En revenant maintenant à l'anse au sud du couvent, le côté sud-est peut être localisé par le puits Glasgow (No. 10), où la surface de la roche est à 282 pieds ou seize pieds plus bas que celle du village Chippawa. Au milieu de cette baie ensevelie à la Maison Ronde Montrose, la roche apparaît à 256 pieds (puits No. 23,) et aussi dans le puits Kister qui est voisin (No. 24) à 251 pieds. Près du milieu de la vallée, il y a les deux puits Clark, dont l'un (No. 11) montre 112 pieds de profondeur

jusqu'à la roche. Un peu du sable mouvant du fond a été conservé par le propriétaire M. Patrick Clark. Le plancher enseveli est là à 232 pieds. Dans la direction du sud-ouest, près d'un demi-mille au delà du creek, il y a le puits de M. Emmanuel Read (No. 35) qui atteint le niveau rocheux à 236 pieds au-dessus du lac Ontario.

RENVERSEMNT TARDIF DU DRAINAGE AUX CHUTES.

Les derniers puits cités montrent la partie la plus profonde d'un chenal enseveli qui est presque à 100 pieds plus bas que le niveau du lac Erié dont l'altitude est de 326 pieds au-dessus du lac Ontario. Ce trait donne naissance à une autre question qui est la suivante: qu'est-il advenu du drainage du bassin Falls-Chippawa avant que le manteau de transport se soit épandu sur la péninsule Niagara ? Après cette investigation on a découvert un autre débouché pour le bassin de l'Erié qui formera une suite aux chapitres des chutes Niagara.

Le renversement du cours du drainage du district du Niagara a été établi au moyen de forages de puits; mais si l'on n'avait pas suivi à l'aveuglette la topographie des Chutes, on s'en serait aperçu immédiatement, même sans prendre les mesures exposées au début de ce chapitre. Tout le bassin depuis la pointe Hubbard fait nettement supposer une topographie s'ouvrant vers le sud que maintenant tout le monde peut voir au premier coup d'œil, comme l'indique la carte, planche XXII.

Si les collines de transport avoisinant les rapides d'en haut n'avaient pas été trop hautes les eaux auraient suivi leur cours un mille à l'ouest et alors elles auraient contourné le triangle entre le parc Victoria et le village Chippawa. Dans ce cas la rivière aurait établi son cours dans le chenal plus profond sans former les rapides d'en haut. La tendance de la rivière à contourner ces collines de transport et à les balayer est indiquée dans la large platière du parc Victoria et dans l'anse qui contient les îles Dufferin.

TERRASSES INFÉRIEURES DU BASSIN DES CHUTES.

Les terrasses inférieures du bassin des chutes en aval de celle qui est décrite à 317 pieds à peu près (page 123), sont de moindre importance comme la seule marque de l'abaissement des étapes de la rivière durant le retrait des chutes. Dans le parc Victoria, l'affouillement des terrasses plus hautes a amené la formation d'une haute falaise, mais en approchant de son extrémité septentrionale, une terrasse se sépare nettement à une altitude de 308 à 310 pieds Elle continue sur un tiers de mille à peu près du nord au pont à arche supérieur où elle se termine brusquement au bord de l'abîme. Elle est composée de graviers de rivière mélangés et de dépôts terreux. Il y a son équivalent au parc Prospect et sur l'île Goat et son niveau est celui du plancher rocheux du détroit à l'endroit où les ponts au chemin de fer le traversent. Ce dernier trait fait supposer que cette terrasse s'est formée dans une eau plus calme barrée par le plancher plus élevé du voisinage de la pointe Hubbard.

Une autre terrasse se voit à 292 pieds, avec un plancher rocheux inférieur en avant à 280 pieds. Le plancher rocheux inférieur dans le voisinage de Table Rock House a 265 pieds et un fragment encore inférieur à 258 pieds se compose des débris du lit du bassin Falls-Chippawa découverts par la rivière moderne.

RÉSULTATS DE LA TROUVAILLE DE LA VALLÉE FALLS-CHIPPAWA.

L'aperçu donné ici du chenal Falls-Chippawa est, je crois, la première suggestion de son existence. C'est certainement la première preuve de sa découverte, avec les traits topographiques ouvrant vers le sud-ouest. Ces traits comme ils sont décrits dans ce chapitre établissent l'origine du bassin des chutes et celle des rapides d'en haut et révèle l'existence d'une auge plus profonde d'où commencent maintenant

à émerger les chutes, ce qui retarde en conséquence leur retrait. Ils montrent aussi l'ancien renversement du drainage de ce district. Finalement, l'investigation ici décrite a amené la trouvaille du grand débouché ancien du bassin Erié qui, d'après les premières découvertes, recevait le drainage pré-glaciaire du haut de la rivière Ohio.

PLANCHE XXIIIA.

Vue de l'extrémité méridionale de Foster Flats touchant la gorge avec les rapides entaillant en rond (prise de la pointe Whirlpool).

PLANCHE XXIIIB.

Vue de l'extrémité supérieure de Foster Flats et des Rapides avec le débouché du Whirlpool dans le lointain (prise de près du "Trou de Diable").

CHAPITRE XIV.

FOSTER FLATS—ENREGISTREMENT DES CHANGEMENTS DE HAUTEUR DES CHUTES ET DU VOLUME DE LA RIVIÈRE.

Signification de cette section.
Caractéristiques des Foster Flats et des traits associés.
Terrasse Wilson de calcaire Clinton et ses restes.
Trous de marmite dans les blocs tombés.
Distinction entre les blocs Niagara et les blocs Clinton.
Eperon septentrional de la terrasse Wilson et de l'anse en arrière.
Union des chutes Niagara et Clinton. Leur hauteur.
Troisième cataracte ou cataracte Medina formant un chenal aux Foster Flats.
Augmentation du volume de la rivière.
Révision des conclusions antérieures.

SIGNIFICATION DE CETTE SECTION.

A mi-chemin entre le Whirlpool et la courbe de la rivière au delà de Devils Hole, il y a une grande terrasse avançant profondement dans la gorge. Elle est surmontée d'autres terrasses et d'un grand amas de roches abattues, le tout produisant un promontoire en pente pénétrant dans le cañon à un niveau inférieur au plancher du pays entaillé par la rivière Niagara. On voit cela dans la planche XXIII. A.

Sur la plus haute de ces terrasses appelée Wintergreen Flat, qui est un fragment de l'ancien plancher de la rivière et en regardant vers le nord, il paraît y avoir une platière densement boisée qui barre la rivière en dessous. On voit cela à la planche XXVIB. Le nom de "Foster Flats" provient de celui d'un colon d'autrefois et sur les lieux on donne cette appellation à la terrasse principale que l'on voit déjà sur les anciennes cartes de la rivière. Dernièrement cependant, la commission du parc l'a appelé Vallon du Niagara (*Niagara Glen*). A vrai dire ce n'est pas un glen car il existe d'un côté seulement de la rivière sous forme d'une terrasse surmontée par d'autres terrasses ou platières, ce qui lui donne toute l'importance scientifique. Le terme "fond" pourrait être aussi employé Foster Flats n'était pas entré dans la littérature scientifique jusqu'à ce que

j'eusse signalé sa portée sur l'histoire des chutes en 1894(1). Foster Flats fournit de beaucoup les repères les plus importants de l'histoire du Niagara dans la gorge.

CARACTÉRISTIQUE DES FOSTER FLATS ET DES TRAITS ASSOCIÉS.

Les Foster Flats (*Voir* la grande carte) commencent à 11,000 pieds de l'embouchure de la gorge, dans un petit remous à la pointe du coin où la rivière mesure vingt pieds à peu près au-dessus du lac. Puis ils s'élargissent et remontent le cañon sur une distance de 3,600 pieds. Au début, la terrasse, en avant du talus à une largeur croissante de 60 à 100 pieds dans une distance de moins de 300 pieds du bout de la platière avec une altitude d'une vingtaine de pieds au-dessus de la rivière. Il y a là un soulèvement subit de vingt-cinq à quarante pieds puis la terrasse s'élargit rapidement à 300 pieds. A sa surface inférieure il n'y a presque pas de massifs abattus avant qu'on arrive à 600 ou 700 pieds de l'extrémité inférieure. (*Voir* la carte, planche XXIV, et figure 23.)

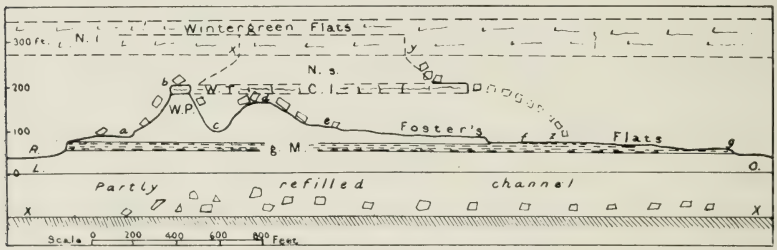


Fig. 23.—Coupe longitudinale des Foster Flats. R., surface de la rivière au-dessus des flats (en aval des flats la rivière est à vingt pieds plus bas); L.O.-niveau du lac Ontario; X.X.—lit approximatif du chenal comblé partiellement avec des blocs qui produisent les Rapides Foster; a b c d e f g, profils, de 200 à 300 pieds du bord de la rivière montrant les marches plus près de la rivière en f et g. Eperon de massifs écroulés en d avec vallée c au niveau du flat. W.P.—Pointe Wilson (ou extrémité de l'éperon) de calcaire Clinton avec traînée de blocs en avant se prolongeant jusqu'aux rapides de la rivière. W.T., terrasse Wilson en calcaire Clinton dans un éperon de blocs écroulés. g.M.,—bande grès Medina faisant partie du plancher des flats; N.I., mur de calcaire Niagara en arrière avec éperon (flat Wintergreen) avançant de 400 à 500 pieds entre x et y.

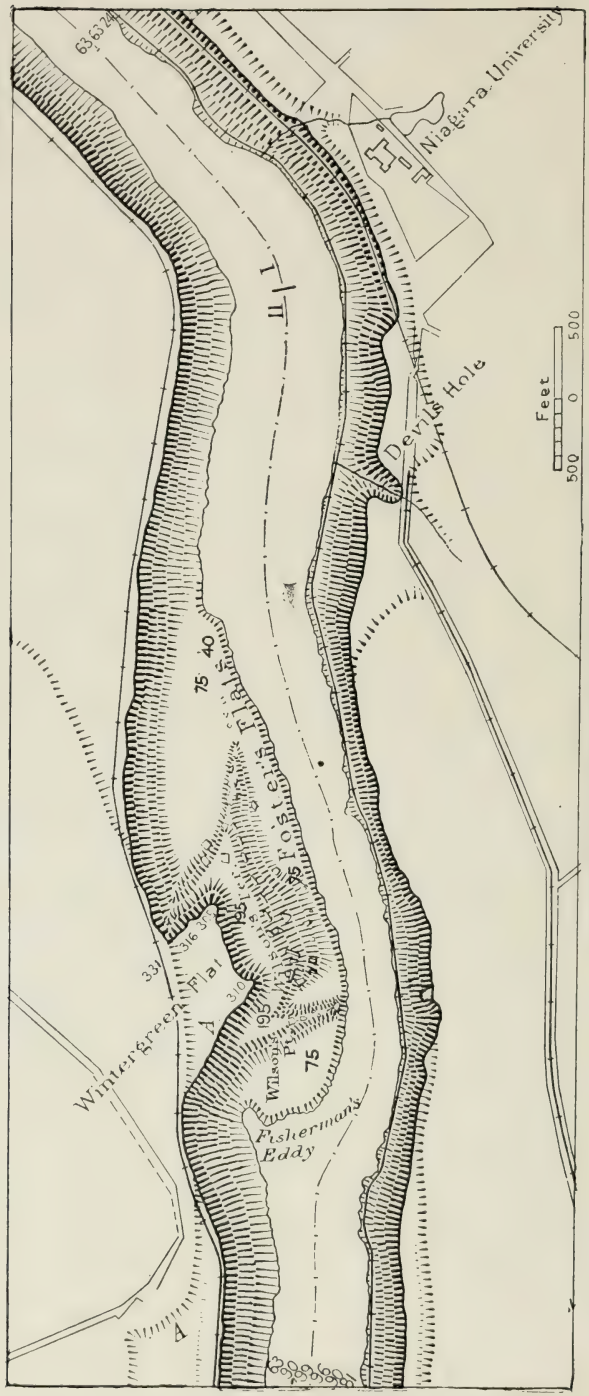
A un millier de pieds de l'extrémité nord, la plaine a une largeur de près de 800 pieds et arrive de la rivière au pied de la pente du talus. C'est là la fin de l'arête médiane qui part

1 "Durée des Chutes du Niagara" par J. W. Spencer. précité.

sous les falaises Wintergreen et comprend une anse de plusieurs pieds de longueur, dont le plancher s'élève, à 75 pieds au-dessous du lac Ontario à la fin de l'éperon, à 115 pieds à sa tête où il est caractérisé par des blocs éboulés. L'arête Wilson qui traverse les flats est de 150 à 200 pieds de la rivière avec la terrasse en avant à cinquante pieds à peu près au-dessus de l'eau. De l'extrémité de l'arête au Pavillon, il y a 800 pieds à peu près. A mi-chemin, il y a un brusque soulèvement de dix pieds jusqu'au plancher en terrasse le plus élevé qui en avant est de soixante-quinze pieds au-dessus du lac se soulevant en arrière assez rapidement jusqu'au pied de l'arête Wilson. A peu de distance au-dessus du Pavillon la terrasse est surmontée par un terrain plus elevé composé partiellement de strates naturelles, mais elles sont en majeure partie enterrées sous les massifs abattus qui représentent une langue de débris partant des bancs les plus élevés pour traverser la rivière. Beaucoup de ces blocs reposent sur de gros cailloux arrondis et sur des pierres qui appartenaient au fond de la rivière. Au delà de cet éperon. il y a un encapment, le long du cours des ruisseaux de drainage intermittents dont le plancher correspond en hauteur à celui de la terrasse. Plus loin il y a un autre éperon. Là les strates bouleversées vont directement jusqu'à la falaise qui est au-dessus de l'eau et sont couvertes par de grand blocs effondrés. On voit dans la planche XXV.A, la fin de l'arête et aussi les rapides devant les flats.

En passant au deuxième éperon, ou pointe Wilson, la pente descend rapidement jusqu'à la surface de la marche principale ou de la terrasse qui se prolonge jusqu'au bord supérieur des flats, 600 pieds au delà de l'éperon Wilson avec une hauteur de soixante-dix pieds au-dessus du lac Ontario. Les deux éperons transversaux montrés sur la carte se composent de blocs provenant des falaises Wintergreen et de la terrasse Wilson. De fait, c'est ces blocs qui obstruent la rivière au point de donner naissance aux rapides qu'il y a là.

PLANCHE XXIV.



Carte de la gorge du Niagara aux flats et aux rapides Foster.

La déclivité de la rivière, d'en amont des Foster Flats, à l'aval du Pavillon est de quinze pieds à peu près, tandis qu'entre là et l'extrémité inférieure des Flats, elle est de cinq pieds seulement (*Voir* carte planche XXIV).

La terrasse à l'extrémité supérieure du fond de la vieille rivière montre que les forces de la rivière étaient encore actives là, au même niveau que celui qui régnait quand les chutes étaient dans la partie inférieure des flats mais immédiatement en amont, il s'est produit un changement considérable. Quand la terrasse s'arrondit du détroit au pied des falaises, près des berges en talus, elle est dentelée par une tranchée qui conduit au remous du pêcheur (appelé aussi remous Cripson) entaillé dans les couches épaisses sous-jacentes Medina, si bien que malgré qu'il n'y ait pas de cours d'eau permanent, les pluies et l'action de la gelée ont excavé une grande coulée dans les roches dures.

Quoique le plancher principal surmonte généralement une bande de grès gris Medina d'une épaisseur de quatorze pieds avec des éperons couverts de blocs abattus en avant des falaises Wintergreen, le niveau de son extrémité inférieure est encore en dessous de la surface du grès Medina. Cela montre que son origine et sa conservation ne sont pas entièrement dues aux roches résistantes qu'elle contient. Il en est de même pour les schistes et les grès rouges et bigarrés des éperons sus-jacents. De fait, ces éperons sont les débris de la terrasse Wilson (W. P. figure 23), qui traversaient la rivière quand les chutes intermédiaires des lits Clinton n'étaient pas encore reliées aux chutes supérieures du Niagara, union survenue ensuite. Le *cul de sac* derrière la terrasse Wilson continue en largeur, prenant naissance dans le mur marginal du cañon d'où les platières Wintergreen font saillie, mais le sommet sort de la limite de la berge de la rivière ancienne.

En descendant l'anse et en se retirant des falaises, les blocs sont plus dispersés et disparaissent presque, ce qui fait con-

traste avec ceux de la tête (dont l'un mesure cinquante pieds par quarante et vingt,) et montre combien la rivière triture et dissout les grands massifs qui y tombent. La terrasse présente là un trait du plancher de la rivière auquel on pourrait s'attendre s'il était possible d'égoutter le chenal actuel. Ce plancher était l'ancien fond de la rivière quand les eaux y descendaient de la seconde cataracte.

La façade septentrionale de Wintergreen Flats, fait voir une large incision en V sur le bord de laquelle la rivière cascadait autrefois. En avant de la berge de l'ancienne rivière à Wintergreen Flats, son bord interne a une altitude de 316 à 318 pieds avec un plancher en pente descendant jusqu'à 305 pieds à l'angle nord-est. De cette façon la rivière doit avoir atteint une profondeur de plus de dix pieds. La forme actuelle ne présente pas la forme de croissant qu'avaient les chutes du Niagara quand elles étaient en cet endroit. L'angle nord-est de Wintergreen est entaillé en dessous comme par les courants qui contournent cet endroit. La falaise à pic mesure quarante-cinq pieds jusqu'au talus qui descend maintenant de quarante-cinq pieds jusqu'à la terrasse Wilson à une altitude de 195 pieds au-dessus du lac Ontario. Cet endroit, marqué 310 pieds sur la carte, est encore plus entaillé parce que c'était le dernier éperon au sommet des chutes de plus faible volume, avant l'union du Niagara supérieur et des caractes de Clinton. Ce trait localise le milieu de la rivière primitive et de la gorge quand les chutes supérieures cascadaient sur le plancher Clinton ou Wilson comme on le voit sur le terrain mieux, que sur la carte.

TERRASSES WILSON DE CALCAIRE CLINTON ET SES DÉBRIS.

Cette terrasse est due au lit massif de calcaire Clinton épais de huit à dix pieds sur dix autres pieds de calcaires plus minces. Le lit supérieur est très durable tandis que les lits inférieurs cèdent un peu. De plus, ces strates reposent sur les

PLANCHE XXVA.

Vue de la tête des Foster Flats et de la Pointe Wilson où se sont réunies la cataracte supérieure et celle du milieu.

PLANCHE XXVB.

Vue de l'anse et du chenal élargi à l'endroit où les Foster Flats sont brusquement coupés à leur tête.

schistes et grès rouge de la série Medina qui sont plus périssables. Il se produit là une platière très visible que j'ai appelée terrasse Wilson en l'honneur de M. James Wilson qui a changé ces déserts au milieu d'immenses roches tombées en un parc merveilleux sans égal dans l'Est de l'Amérique.

En avant du talus, à l'aval des falaises Wintergreen, la terrasse Wilson a une largeur de 100 à 200 pieds. En avant de l'angle de l'est de la falaise supérieure (310 pieds au-dessus du lac,) l'éperon de la terrasse Wilson (carte et planche XXXV. A) se prolonge au dehors en travers du cours de la rivière et se termine à 400 pieds du bord des falaises avec les massifs détachés au delà. Du côté méridional de l'éperon la terrasse est bornée par des falaises hautes de vingt pieds au moins, en avant desquelles il y a un talus parsemé de blocs de calcaire Clinton tombé. Ils gisent maintenant en dehors ayant été détaches par les courants, car des courants les ont minés en enlevant les strates plus tendres qui étaient en dessous. Il paraît étrange de voir l'affouillage en avant au lieu de sur la lisière, mais cet éperon est un repère remarquable de l'union en cet endroit des chutes secondaires et des chutes supérieures du Niagara.

En avant de la façade principale des falaises Wintergreen, il y a un grand amas de blocs tombés en dessous du niveau de la terrasse Wilson. Un de ces blocs, bien qu'il soit maintenant fendu en deux à quatre-vingt pieds de longueur, trente pieds de largeur au-dessus du sol et huit à neuf pieds d'épaisseur. Il est en travers du cours de la rivière, c'est le bord tombé de la terrasse Wilson affouillée du côté inférieur de la rivière, quand les chutes y tombaient encore en cascade et il n'est qu'à peu de distance de sa position naturelle. On a trouvé en cet endroit beaucoup de ces grands blocs et ils montrent que la terrasse Wilson a dû se prolonger en travers de la rivière et former le plancher du chenal sur lequel cascadaient les chutes supérieures, mais situé plus près qu'à présent du chenal actuel

des rapides Foster comme le montrent la planche XXVI. A, et d'autres figures.

TROUS DE MARMITE DANS LES BLOCS TOMBÉS.

On trouve là dans les blocs tombés des trous de marmite formés sous les chutes après que les blocs se sont détachés et reposaient sur les pentes plus basses comme le montrent les trous qui occupent une position verticale. Trois de ces trous dans un bloc ont un diamètre de dix-huit pouces avec une profondeur de trois pieds au moins. Un autre avait un diamètre de trois à quatre pieds et une profondeur de huit pieds avec le fond défoncé (planche XXVII. A.)

Un spécimen de trou de marmite indique le mode de formation. Un plomb de pêche de forme conique et d'une longueur de 3 pouces, d'un diamètre d'un pouce avait été perdu dans les rapides d'en haut. Quand on l'a retrouvé on a constaté qu'il avait formé un trou de marmite d'un diamètre supérieur au sien d'un quart de pouce seulement. Le plomb lui-même avait tres peu perdu de sa dimension. Il semblait que le sable s'était imprégné dans le plomb et avait servi d'instrument de friction pour creuser le trou de marmite. Il résulte donc de cela que les trous de marmite polis ont été faits par le sable moulu entre les pierres et la roche elle-même, et ces trous de marmite sont dus plus à cette abrasion qu'à l'action directe des galets, qui serait rapidement détruits par mouture.

DISTINCTION ENTRE LES BLOCS NIAGARA ET CLINTON.

Les blocs Clinton se reconnaissent facilement. Ils n'ont jamais plus de huit à dix pieds d'épaisseur et ceux qui proviennent du Niagara sont beaucoup plus épais. Les blocs Clinton ont plus ou moins la forme de grandes dalles et peuvent être discernés des Niagara qui sont plus épais et plus coniques. Il y a cependant d'autre caractéristiques que l'on constate à un examen précis. Il y a sur la terrasse Wilson beaucoup de

blocs tombés des falaises Niagara. Et aussi, au delà des restes de la terrasse parmi les massifs Clinton, même jusqu'au bord de la rivière, il y a beaucoup de blocs Niagara. Cela montre que la platière Wintergreen doit s'être prolongée plus loin vers le milieu de la rivière après le retrait des chutes supérieures qu'on le croirait maintenant.

ÉPERON NORD DE LA TERRASSE WILSON ET ANSE EN ARRIÈRE.

A partir d'en dessous de la pointe nord-est des falaises Wintergreen, la terrasse Wilson s'amincit jusqu'à 200 à 300 pieds plus loin. La base de ce coin mesure à peu près 100 pieds de largeur. Vers la pointe, quelques fissures transversales découpent le massif, au delà nous trouvons ces blocs de surface d'abord séparés bien qu'ils soient dans leur état naturel, puis ils sont penchés. Ce trait s'étend sur 300 à 400 pieds. C'est l'arête médiane étroite de Foster Flats. Bien qu'il y ait quelques blocs de calcaire Niagara sur la surface de l'éperon près de sa base, les blocs abattus de l'arête sont ceux de la bande Clinton épaisse qui a été affouillée à l'enlèvement des strates sous-jacentes. Il n'est pas douteux que cette arête fasse partie du vieux plancher Clinton dont les débris vont au sud jusqu'à la pointe Wilson; mais l'existence de cette anse derrière l'éperon de la terrasse Wilson déjà citée, présente des difficultés d'explication.

Le plancher Wilson était le fond de la rivière qui recevait les eaux de la cataracte supérieure; de la même façon, Foster Flats recevait les chutes du calcaire Clinton mais dans l'anse, on ne voit pas de preuve d'une chute d'eau intermédiaire venant du lit Clinton. Le sommet de l'anse, du côté septentrional de la platière Wintergreen est au delà ou en dehors des berges originales de la rivière Niagara où le plancher avait 316 pieds au-dessus du lac. Au large de cela, à une distance de 400 pieds, le plancher s'abaisse de dix pieds (voir carte, planche XXIV); en conséquence cette anse prenant naissance où les eaux

étaient les plus basses n'a pas pu être faite par le courant de la rivière. Son origine n'est pas apparente.

Ce trait est opposé à la physique des chutes normales et ne peut être omis. Une île surmontée sur l'arête, comme suggère M. Gilbert, aurait dû se trouver en avant du cours principal de la rivière, quand elle passait le chenal le plus profond, où se trouve maintenant la platière Wintergreen, avec le sommet des chutes latérales non pas au milieu, mais au bord extérieur de la gorge, où l'eau doit avoir été moins profonde. C'est une raison très forte pour écarter l'idée d'une étroitesse telle qu'elle soit moindre que sa hauteur au-dessus des roches Clinton à côté desquelles les débris nécessaires de calcaire Niagara ne se voient pas. On ne peut guère s'attendre à cette existence car elle serait illogique avec le plancher Clinton des Chutes intermédiaires.

Le chenal actuel est un empiètement de 400 pieds au moins sur le flanc est de la gorge. En conséquence la rivière doit avoir passé sur l'éperon transversal de la pointe Wilson avec la terrasse Wilson comme éperon septentrional, car un débris de ce plancher est encore conservé sous la platière Wintergreen. Cette conclusion est confirmée par les traits que montrent les planches XXIII, XXIV. A, XXVI. A et XXVI. B, qui indique que la pointe extérieure de Wintergreen était près du milieu de la rivière, que, sur les vues, on voit se détourner entièrement de son cours pour atteindre le bord oriental de la gorge. A l'éperon de Wintergreen Flat (310 sur la carte) il y a une pointe saillante qui montre où à une certaine époque se trouvait le sommet des chutes qui tombaient en cascade sur le plancher Clinton plus bas avec une tablette latérale, comme celle de l'île Goat sur laquelle les eaux coulaient encore à des centaines de pieds en avant le sommet.

Les chutes intermédiaires venant du calcaire Clinton sont devenues des rapides par places sur les couches supérieures de la série Medina comme le montre le terrain qui s'élève à l'anse

PLANCHE XXVIA.

Vue du chenal avec les rapides Foster, contournant les Foster Flats et affouillant le flanc gauche de la gorge.

PLANCHE XXVIB.

Vue de haut en bas de l'extrémité nord des Foster Flats et de la Rivière, prise de la pointe extrême de Wintergreen Flat.

et aussi les traits bien nets à l'extrémité inférieure du ravin Smeaton. Ces rapides ont vite passé aux couches plus tendres jusqu'à ce que le chenal eût atteint la bande de grès gris Medina.

UNION DES CHUTES DU NIAGARA ET DU CLINTON.— LEUR HAUTEUR.

La platière Wintergreen était le plancher des chutes supérieures. La platière Wilson qui était le plancher de la cataracte intermédiaire indique la séparation des deux chutes, la première descendant de la bande de calcaire Clinton dans la rivière qui coule sur les Foster Flats et couvrant le plancher de grès Medina. En arrière de l'éperon septentrionale et aussi en amont de la terrasse au sud de la pointe Wilson, l'absence de la couche de calcaire Clinton des chutes centrales montre le changement de conditions.

Avec la terminaison brusque de la terrasse Wilson en cet endroit, les caratactes Clinton et Niagara se sont finalement réunies là mais elles n'ont pas excavé plus profondément qu'avant leur réunion. Au moment de leur union, le cours du courant était oblique du côté canadien au côté New-York et l'on trouve qu'il a été détourné par les murs de Wintergreen flat et de la terrasse Wilson. Un arc-boutant plus élevé presque en face de 310 sur la carte se rencontre du côté New-York. Mais il n'a pas la forme d'une terrasse c'est le bord en pente du plateau de dessus (Eldridge). Ce trait des chutes se frayant un passage au travers d'une barrière se laissant des arcs-boutants de chaque côté se répète au débouché actuel du Whirlpool (planche XXVIIB, page 200), où ils ont beaucoup réduit la largeur actuelle du cañon.

L'union des deux cascades explique facilement les falaises qui font face à la rivière du côté sud-ouest de la pointe Wilson. Elles sont affouillées par les courants qui les contournent et qui font tomber le calcaire Clinton en dehors dans une direction opposée au cours de la rivière. La cataracte supérieure avait

une hauteur de 120 pieds mesurée du bord du vieux chenal à la platière Wintergreen jusqu'à la terrasse Wilson, et, de ce plancher aux Foster flats. La cataracte Clinton ou Deuxième Cataracte tombait de 120 autres pieds, (en prenant l'altitude moyenne des flats qui se relève un peu, immédiatement en aval.) Durant l'époque des chutes Clinton le volume de l'eau était 15 pour cent seulement du débit total (chapitre XX). Comme la rivière retardée en aval des Foster flats a maintenant une profondeur de soixante-trois pieds seulement, on peut dire que l'ancienne profondeur de l'eau ne dépasse pas dix pieds au plus avec libre drainage; mais la barrière à la pointe Wilson peut avoir temporairement accru la profondeur de la rivière en amont après l'addition du drainage Huron.

La distance de l'embouchure de la gorge à la pointe Wilson qui est le dernier reste du plancher Clinton avant l'union des deux cataractes est de 13,400 pieds. Les chutes réunies ont maintenant reculé de 600 autres pieds, jusqu'à la tête des Foster flats quand s'est produit le grand changement dans la physique de la rivière. L'abaissement des eaux du lac Ontario dans cette section n'a pas encore eu d'autre effet que de donner de la pente pour le drainage.

TROISIÈME CATARACTE OU MEDINA.—CREUSAGE DU CHENAL DES FOSTER FLATS.

Aux Foster Flats on trouve un autre repère d'un grand changement dans les traits de la rivière Niagara. Avec l'émergement des planchers de la rivière par l'abaissement du niveau de l'Ontario, enlevant de l'eau du chenal Clinton, une Troisième Cataracte ressort de l'existence d'une puissante bande de grès gris Medine. Le volume de la rivière ne s'est pas encore accru, si bien que le petit chenal suffit à prendre le cours d'eau avec une déclivité rapide.

Le détroit des rapides Foster a été formé par l'obstruction de blocs tombés provenant en majeure partie du mur de l'est

PLANCHE XXIIA.

Grand trou de marmite avec le fond défoncé, formé dans un bloc de calcaire après qu'il eût tombé dans les chutes, quand elles étaient à Foster Flats.

PLANCHE XXVIB.

Vue de la pointe Thompson et des arcs-boutants en bas (en regardant à travers le débouché du Whirlpool).

parce que la rivière a cheminé dans ce sens et affouillé ce côté, (*voir* planche XXVI. A et B). Quelques blocs ont déboulé de l'extrémité de la pointe Wilson. L'encombrement du chenal s'est produit depuis le recul postérieur des eaux d'Ontario dans la gorge Niagara.

AUGMENTATION DU VOLUME DE LA RIVIÈRE.

Après que les chutes réunies eurent dépassé la pointe Wilson, elles descendirent 240 pieds directement jusqu'au plancher du grès Medina mais ne purent pas y pénétrer. Elles continuèrent donc jusqu'à la tête des Foster flats. Il n'est pas important de savoir de combien la troisième chute retarda aprés la réunion des chutes supérieures. Les flats ont 75 pieds plus haut que la rivière qui est au sud et mesure 99 pieds de profondeur. Les chutes modernes avec leur hauteur actuelle ont une force érosive efficace de 80 à 100 pieds en dessous de la surface de la rivière. Maintenant on trouve que la surface de la rivière s'était suffisamment accrue pour traverser le plancher original jusqu'à une profondeur de 135 pieds. Ce creusage réel correspond à l'augmentation du pouvoir mécanique des chutes due à l'augmentation du volume quand les chutes ont passé cette section. La pénétration dans les flats par la troisième cataracte paraît s'être produite quand les chutes étaient au Whirlpool, car la surface est baissée là d'une trentaine de pieds au-dessous du niveau des flats, mais le Whirlpool atteint une augmentation de profondeur d'à peu près cette quantité, plus bas que le plancher du chenal en dehors de l'étang avec l'abaissement de surface correspondant, si bien que les chutes ont pu là s'excaver à une profondeur plus forte qu'on voit plus loin.

L'élargissement du chenal arrive immédiatement en amont de la tête des Foster Flats comme on peut le voir dans la carte, planche XXV. B, comme aussi l'approfondissement constaté dans les sondages entre là et le Whirlpool où l'on a pu obtenir une section complète du large chenal en U. La rivière en avant

des Foster flats mesure 300 pieds à peu près de largeur et juste en amont, elle atteint 900 pieds, mais en dehors de cet accroissement, la largeur moyenne n'est que de 650 pieds. Les chutes supérieure et médiane n'ont reculé ensemble que de 600 pieds quand le grand élargissement a eu lieu. Comme il n'y avait pas d'accroissement de hauteur des chutes, cet élargissement ne devait pas être dû au plus fort volume d'eau, comme l'addition du débit Huron au drainage de l'Erié et de la rivière Niagara qui s'est réellement produit (*voir* chapitre XXVII).

En face de l'extrémité des Foster flats, du côté est de la gorge on trouve une dent dans la falaise. Elle occupe un millier de pieds et va jusqu'à un promontoire rocheux, et le contour général donne l'idée d'une ancienne connexion avec et le Wintergreen flat. La conclusion posée relativement à ces traits est que c'est là l'emplacement où l'augmentation effective de la rivière a eu lieu, donnant des chutes obliques au cours général de la rivière, parce que les eaux cascadaient dans le chenal plus petit et plus ancien qui était assez grand pour recevoir l'augmentation de débit, de telle façon qu'il était charrié et passait sur le côté de l'abîme, dans le chenal d'aval. A la longue cette condition a nécessairement excavé un cañon plus large qui a pris la forme normale au retrait des chutes. La distance entre les bords supérieurs de cañon est anormale et atteint 1,700 pieds. On a eu l'impression qu'il fallait un volume d'eau extraordinaire pour excaver une telle largeur. En aval du Whirlpool les anciennes berges de la rivière sont distantes de 1,500 pieds tandis que la gorge a une largeur de 1,300 pieds. En amont du flat Wintergreen l'ancien chenal s'élargit à 1,640 pieds et à la pointe Wintergreen, la gorge elle-même est réduite à 1,200 et plus loin, sa largeur est de 1,400 pieds. La forme elliptique (que montre la carte) n'est pas un trait usuel.

Il est indiscutable que le cours de l'ancienne rivière passait sur la pointe Wilson. Le petit chenal plus profond sur le côté,

avec les chutes Medina, ont dirigé le cours de la rivière maintenant grossie avec la quantité d'eau augmentée se jetant du côté ouest obliquement comme on vient de le dire. Cela a naturellement encombré la gorge sur la berge orientale, comme on peut le voir dans les planches XXVI. A et B, et explique l'élargissement du cañon en cet endroit, commençant à sortir de son cours naturel pour prendre une forme elliptique juste en amont de la tête des Foster flats et de la terrasse supérieure résiduelle de Wintergreen. Ces traits, dans la gorge et à ses bords extérieurs établissent la position des chutes quand elles reçurent l'augmentation du volume des eaux du lac Huron.

La pente des berges, dans la courbe de la rivière en aval des Foster flats, du côté est de la gorge est beaucoup moindre qu'en avant où il y a eu un affouillement plus récent des formations inférieures. Du côté canadien l'action de la congélation se constate en amont et en aval de Wintergreen flat où les murs se sont écroulés sur 50 à 100 pieds, coupant net la berge orientale de la rivière qui s'étend, d'en arrière du Whirlpool à 1,400 pieds de la tête du Wintergreen. En aval de Wintergreen, la terrasse est aussi tombée, si bien que le mur de la gorge est revenu à la position de l'ancienne ligne de rivage. A Wintergreen, les berges orientales sont bien conservées. Quelques centaines de pieds plus loin, l'ancienne ligne de rivage reparaît et recule au bord actuel montrant ce qui était une lagune ou une expansion de la rivière (*Voir* grande carte).

En revoyant l'aspect physique de la gorge Whirlpool on n'a pas trouvé qu'il se soit produit un accroissement de volume de la rivière dans cette section mais les anciennes berges étaient des terrasses taillées nettement indiquant la grande largeur de la rivière non seulement jusqu'au Whirlpool où la rive occidentale avait été minée et s'était écroulée mais aussi jusqu'en aval de la pointe Thompson et entre cette pointe et la tête du flat Wintergreen.

En somme, la preuve la plus forte de l'augmentation de la rivière en cet endroit, se trouve dans la pénétration de l'ancien plancher du chenal en amont des Foster flats dont ils sont des débris. Ils mesurent soixante-quinze pieds au-dessus du lac Ontario, si bien que les sondages pratiqués en amont, dans le chenal de 650 pieds de largeur, atteignaient cinquante-neuf pieds plus bas que le lac et montrent que le débit augmenté pouvait pénétrer de 135 pieds dans le plancher de roche solide qui recevait le volume primitif et l'amenait à la troisième cataracte située plus bas dans la gorge. La surface de la rivière a été abaissée de trente-cinq pieds au moins depuis que le retrait de la troisième chute a subséquement pénétré les Foster flats. De fait, cette profondeur de pénétration correspond à la hauteur des chutes en cet endroit, dans les changements physiques de la rivière.

RÉVISION DES ANCIENNES CONCLUSIONS.

Cette révision de l'étude des Foster flats est faite **de novo,** onze ans après avoir écrit à ce sujet. Il a été montré alors que les chutes avaient retraité jusqu'à la pointe en vertu d'une réduction de déclivité de la rivière et du volume d'eau. Mais entre cet endroit et la tête des rapides Whirlpool il a surgi des difficultés auxquelles peuvent s'appliquer seulement des hypothèses présomptives. En raison du manque de temps je m'étais guidé sur une ancienne théorie préconçue pour réviser mon travail, je n'ai pas non plus rafraichi ma mémoire en rélisant mes écrits antérieurs, si bien que l'interprétation actuelle n'est pas le fruit de mes premières impressions. J'ai la satisfaction de constater que mes premières hypothèses ont parfaitement supporté l'épreuve du temps et de l'investigation.

En 1894, j'ai conclu que la grande augmentation du volume de l'eau s'est produite quand les chutes étaient à la tête des Foster flats et j'ai dit que "Après avoir passé les Foster Flats,

le gouffre montre les effets d'une grande augmentation de force car la gorge s'est réélargie et la terrasse d'aval a été balayée par l'eau. . . . . L'importance de l'érosion indique une augmentation de débit qui a été produite par le captage des eaux du bassin du Huron et leur addition au drainage du Niagara. Les effets du grand accroissement du volume d'eau ont été d'élargir le gouffre et d'enlever une partie de la plate-forme Foster, mais d'en laisser assez pour raconter leur histoire (An. II. [1]). C'est une des découvertes de la physique de la rivière qui fournit un élément de temps pour calculer l'âge des chutes.

Quand on discernait distinctement trois cascades, on ne savait pas que les chutes supérieures et médiane s'étaient unies là, car la structure en détail aux flats n'avait pas été étudiée aussi étroitement que dans la présente investigation. On pensait que la profondeur de la rivière à Lewiston n'était que de quatre-vingt-dix pieds, si bien qu'on ne connaissait pas la grande déclivité des chutes et des rapides Medina.

En 1888[2] j'ai découvert que les eaux du Huron se déversent depuis peu du temps seulement dans le drainage de l'Erié. Cette étude a été bientôt suivie d'autres. L'une d'elles a été un essai sur les chutes Niagara, publiée quelques mois plus tard par M. G. K. Gilbert où il a basé ses études relatives aux changements physiques des chutes en majeure partie sur mon travail. Deux des découvertes les plus importantes qu'il adopte sont le changement dans le drainage Huron et la position des chutes quand leur volume a augmenté. En écrivant à ce sujet en 1895, il disait: Quand les chutes eurent reculé jusqu'au delà de l'extrémité du flat Wintergreen (c'est-à-dire la terrasse de haut niveau en amont de Foster flats), "probablement, à cette époque à peu près la totalité de la quantité d'eau dans la rivière s'est accrue d'une façon à étudier plus tard." [3] (page 233.) Ceci avait été expliqué dans le "Duration of Niagara Falls"

1 Duration of Niagara Falls, déjà cité.
2 Proc. Amer. Ass. Ad. Sci., Vol. XXXVII, pp. 197-199, 1888.
3 National Geographic Monograph Series, No. 7, New York, 1895.

(An. II). Il disait encore "Par le redressement du bassin, le lac (Huron) a été graduellement amené à s'épancher vers l'ouest et le sud jusqu'à ce que les dernières eaux atteignissent la passe à la tête de la rivière St-Clair. Bientôt après, l'eau a cessé de couler par le débouché North Bay" (page 239) C'était la façon dout il adoptait le changement de drainage de l'Huron trouvé par moi en 1888.

Un peu plus tard M. F. B. Taylor (1) a élaboré une explication de la gorge Whirlpool. Il pensait que les eaux du lac Huron se déversaient dans l'Erié comme je l'avais posé, mais qu'elles s'étaient retirées en raison de changements dans le barrage de glace, quand les chutes dépassèrent les rapides Whirlpool et plus tard quand les chutes Niagara étaient juste au sud du pont Cantilever, le volume total du débit Huron était venu s'y ajouter. Sans la preuve nouvelle de la nature des rapides Whirlpool, le problème n'aurait pas encore de solution.

1 Bull. Geol. Soc. Amer. Vol. IX, pp. 59-84, 1898.

CHAPITRE XV.

TERRASSE AUPRÈS DE L'EXTRÉMITÉ DE LA GORGE ET NIVEAU DU LAC, INFERIEUR AU NIVEAU ACTUEL

Terrasse Roy et niveau du lac à la naissance des chutes (287 pieds).
Plateau Eldridge (200 pieds).
Terrasse Bell (174 pieds).
Plage Iroquois (137 pieds).
Terrasses inférieures.
Delta de la rivière Niagara et continuation d'affaissement du lac.
Niveau le plus bas de l'eau dans le bassin Ontario.
Recul final des eaux à leur niveau actuel.

TERRASSE ET LAC ROY À LA NAISSANCE DES CHUTES.

Les berges principales de la rivière à la naissance des chutes croisaient une arête se prolongeant jusqu'à un demi-mille au sud du Monument de Brock et de la pointe Hall, où l'ancienne ligne de rivage a été enlevée par la chute du bord (*Voir* la grande carte et la figure 24). Au-delà de cette arête, il y a une ligne d'eau indistincte à une hauteur correspondante qui marque le niveau temporaire de l'eau dans le bassin Ontario à 322 pieds à peu près au-dessus du niveau actuel. Près de l'endroit où le ruisseau Brock la croise, à 500 pieds à peu près en-dedans de l'escarpement sur le flanc occidental de la gorge, il y a un banc bien marqué que j'appellerai la terrasse Roy en honneur de M. Thomas Roy qui a fait une étude des terrasses adjacentes au lac Ontario dès 1837 [1].

Le bord interne de cette terrasse a une altitude de 287 pieds et 284 pieds plus loin, tandis qu'il y en a une autre accessoire près du bord de la gorge à 275 pieds pour le bord interne et 268 pieds pour le bord externe. C'est le plateau en avant de l'abri du chemin de fer Electrique au Monument Brock. Sa largeur maximum peut être comptée à 300 pieds avec les berges rocheuses en arrière s'élevant rapidement jusqu'au monument

1 Cité dans la Géologie du Canada 1863.

de Brock, à quarante-deux pieds plus haut. La longueur totale de la terrasse est de 900 pieds, mais les 450 derniers pieds sont au delà de la bouche de la gorge et composés de pierres de dépôts de delta de diverses dimensions, la partie méridionale étant supportée par de la roche. Le côté septentrional du delta

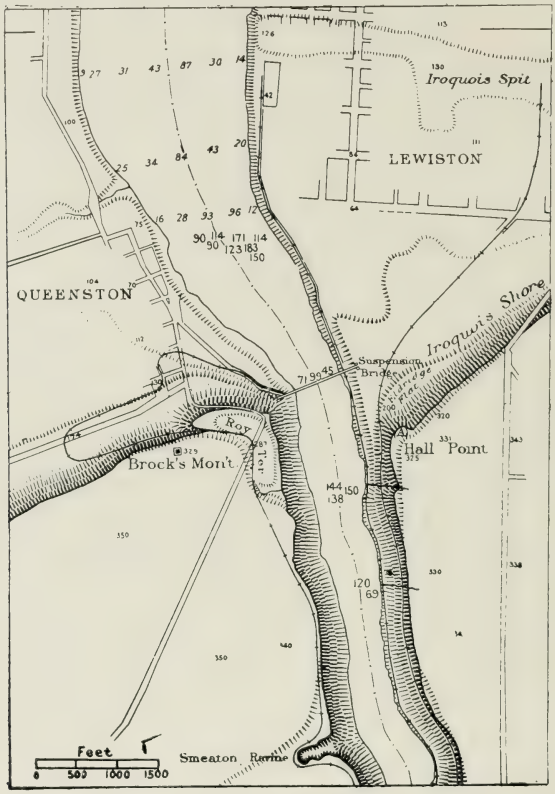


Fig. 24.—Carte des terrasses au bout de la gorge Niagara. (Réduite de la grande carte.

forme une pente raide jusqu'à la terrasse inférieure. Cela marque le plancher de la rivière, quand les chutes prirent naissance (planche XXVIII, vis-a-vis).

Sur la paroi rocheuse de la falaise Brock, la terrasse Roy est vite devenue méconnaissable. Bien que cet ancien niveau d'eau n'ait pas été exploré avec continuité, il semble exister en

Vue de la Terrasse Roy (R.T.) formée immédiatement après la naissance des Chutes qui ont reculé en F avec une hauteur de trente-cinq pieds environ; G ravin transversal récemment formé; monument de Brock situé sur une falaise rocheuse haute de quarante pieds à peu près. En bas du monument la terrasse descend légèrement dans une accumulation de delta au delà. Profondeur du cañon 300 pieds à peu près.

beaucoup d'endroits au bord de l'escarpement Niagara où la partie de devant paraû avoir été coupée par les anciennes vagues du lac sur vingt à trente pieds plus bas que le terrain qui s'élève en arrière. Cependant la reconnaissance est plus facile quand les vagues ont entaillé des lignes de rivage dans les matériaux tendres de drift.

A un demi-mille à peu près du chemin qui va de St-David au sud, une ancienne ligne de rivage est bien visible bordée de bas monticules rocheux. Un mille et demi plus loin, mais toujours à l'est du canal Welland, un éperon de l'escarpement Niagara surgit de la plaine en dessous. Le *col* reliant cet éperon affleurant à l'escarpement en arrière forme le plancher de la terrasse juste à l'est. Sa hauteur est de 287 pieds. Dans la région des chutes De Cou (à treize milles de la rivière Niagara) à 283 pieds et du côté opposé de la grande vallée du creek Twelve Miles, le côté interne de la terrasse avec un monticule rocheux en arrière possede une altitude donnant l'idée qu'il est au même niveau qu'à la terrasse Roy. Ce trait se répète en amont de Jordan à dix-sept milles environ de Queenstown avec apparemment la même altitude. Mais on n'a pas fait de levé qui donne l'étendue probable de cette terrasse. Il suffit de dire que la terrasse Roy à la bouche de la rivière Niagara indique clairement que la hauteur des chutes Niagara à leur naissance était de trente-cinq pieds environ.

PLATEAU ELDRIDGE.

Du côté est de la bouche de la gorge il y a une terrasse entaillé large de 100 pieds à peu près et haute de 200 pieds indiquée sur la carte sous le nom de Eldridge Flat. Sa conservation est due certainement aux couches plus dures de grès rouge Medina réparties parmi les schistes mais sa forme est celle d'une ancienne ligne de rivage qui représente une pause dans l'abaissement des eaux d'Ontario.

TERRASSE BELL.

La terrasse Bell est la suivante. Le chemin qui va de Queenston à St-David et à l'ouest y passe. A son croisement du chemin de fer Electrique sa hauteur est de 474 pieds. Avec une largeur de quelques centaines de pieds, elle va jusqu'à St-David où la hauteur moyenne est de 168 pieds bien qu'elle soit un peu plus basse à l'angle de l'hôtel. A St-David la terrasse s'élargit à un mille au moins et en arrière, il y a les collines de transport qui font le devant de l'escarpement Niagara. En arrière de Merriton il est plus difficile de la discerner de la topographie mais elle reparaît comme trait distinct à d'autres endroits, comme à l'est de Jordan. J'ai remarqué la même terrasse en quelques endroits à dix milles à l'est de Hamilton. Elle est quelquefois étroite, s'élève rapidement jusqu'aux collines en arrière ou est même coupée court en certains endroits sur le flanc de l'escarpement. Puis elle reprend sa largeur.

De la rivière Niagara à l'ouest, son bord forme un monticule escarpé derrière l'ancienne ligne de rivage Iroquois, qui est à trente-cinq ou quarante pieds plus bas. On voit la terrasse Bell d'un côté s'élevant en pente douce jusqu'au monticule en arrière et de l'autre, descendant brusquement à l'ancienne ligne de rivage Iroquois en avant et cela fait de cette terrasse un trait très accentué en avant de l'escarpement Niagara.

Avoisinant la rivière Niagara et quelques pieds plus bas que sa surface, la terrasse Bell est supportée par des schistes et des grès rouges de la série Medina et ceux-ci à leur tour sont cause de la persistance de ses traits saillants. Mais elle n'est pas partout sur la même fondation. A St-David et un peu plus à l'ouest, les puits jusqu'à une profondeur de soixante pieds dans les sables et le gravier montrent que les grès Medina font défaut et que la forme terrasse est due à l'action des vagues sur les dépôts de surface. On a là la preuve qu'elle est

le plancher en avant d'une ancienne ligne de rivage. Le bord interne de cette terrasse s'élève plus rapidement que la plaine Iroquois en avant qui peut être due au lavage des collines.

Cette vieille terrasse que j'ai baptisée en l'honneur du Dr Robert Bell qui avait le plus étudié cette région avant 1880[1], marque une pause d'une durée considérable dans l'abaissement des eaux du bassin Ontario et son existence est importante en ce qu'elle se relie à l'étude du retrait des chutes.

PLAGE IROQUOIS.

Les eaux s'enfoncèrent de nouveau jusqu'à ligne de rivage Iroquois, qui à l'embouchure de la rivière Niagara a une altitude de 135 à 137 pieds. C'est ce stage le plus visible et le mieux conservé auprès du lac Ontario. Sur le flanc occidental du cañon du Niagara c'est simplement une terrasse taillée dans la façade de la berge escarpée de la terrasse Bell et elle est sculptée dans le sol argileux. A partir de cette ligne, le vieux fond du lac s'éloigne en pente douce. Tandis que la plage de gravier le caractérisait partout ailleurs, elle fait défaut ici entièrement et il en résulte que la détermination exacte de la ligne de l'eau ne peut se faire exactement à deux ou trois pieds près car les lavages des collines en arrière ont un peu modifié le bord interne. Cette réserve faite pour l'emploi du niveau, j'ai trouvé qu'il a une hauteur de 130 pieds à Queenston (*Voir* figure 24, page 208 et aussi la carte planche XXXIII).

Du côté New-York, l'ancienne rive est plus fortement marquée qu'à l'ouest parce que l'action commune de la rivière et du lac a balayé les pentes des talus du "flanc de montagne" et laissé un plancher de grès Medina à 135 pieds. En avant de cette terrasse il y a une pente raide qui conduit à une beaucoup plus basse au delà de laquelle, une arête de sable et gravier s'élève au village de Lewiston avec des traits comme ceux qui caractérisent la plage Iroquois. Elle a quelques centaines de

1 Géologie du Canada 1863. Rapport sur la géologie de surface.

pieds de largeur et descend d'à peu près vingt pieds à la plaine en avant. A la fin de l'éperon en amont de la rivière la hauteur est de 126 pieds mais là où il rejoint la rive Iroquois principale il est monté à 137 pieds et là la crête de la langue de terre est prise à une altitude plus considérable au-dessus de la ligne de l'eau.

En examinant ces traits, du côté occidental de la rivière, on supposerait que ce sont deux lignes de rivage écartées de quelques pieds, une de sable de gravier et l'autre de roche. Mais la première décroît graduellement à l'extrémité et la pente de la langue de terre déterminée avec des instruments indique que c'est une de ces langues communément formées dans les lacs ou dans les mers. La plage Iroquois bien développée a duré longtemps, suffisamment pour construire des arêtes de gravier ayant souvent 300 à 500 pieds de largeur et quinze à vingt pieds d'épaisseur. Cette plage a marqué la plus longue pause de l'abaissement de l'eau du bassin Erié tandis que les chutes reculaient aux Foster flats qui, avec les autres plages et le ravin Smeaton, consignent l'histoire du commencement des chutes Niagara.

LES TERRASSES INFÉRIEURES.

En arrière de la langue de terre Iroquois on voit une terrasse inférieure à soixante-quinze pieds. En descendant la rivière à deux milles, à la pointe Field, le vieux lit et la berge de la rivière se voient bien quand le plancher se compose de gravier surmontant les dépôts de schiste ou d'argile. Les effets de la rivière sont là fortement marqués, en entaillant la surface et déposant des barres. La hauteur du fond de la rivière soulevée est de quarante pieds à peu près à l'extrémité supérieure et un peu moindre à l'extrémité inférieure, avec augmentation de profondeur des chenaux superficiels. En face, du côté est il y a une anse formant une dentelure profonde dans la haute berge générale avec une élévation correspondante

Vue de la rivière Niagara au delà de l'extrémité de la gorge, prise du bord de l'escarpement qui surplombe Queenston.

en hauteur, tandis que le bord, en aval de la pointe Field est marqué par une ligne de flottaison plus basse de vingt pieds au plus.

A l'embouchure de la rivière, il y a une grande platière de rivière en avant de la ville de Niagara-on-the-Lake. Sa hauteur est de trois à cinq pieds seulement au-dessus de l'eau et en arrière, la berge est escarpée. L'histoire n'est pas là toute entière, car le lac a continué à reculer plus bas que le niveau actuel. Mais cette terrasse était forte après que le niveau du lac s'est relevé de l'affaissement extrême, mais avant l'abaissement récent.

DELTA DE LA RIVIÈRE NIAGARA ET CONTINUATION DE L'AFFAISSEMENT DU LAC.

On n'a pas décidé si les terrasses inférieures enregistrent seulement l'affaisement original des eaux du lac ou si après le retrécissement du lac pour prendre une étendue plus petite avec un soulèvement subséquent, la surface du lac peut n'avoir pas été plus haute maintenant, si bien que les terrasses inférieures marquent un second affaissement dû à l'entaille du débouché St-Laurent. Les lignes de flottaison inférieures du bassin Ontario sont maintenant noyées. La rivière Niagara en aval de Lewiston a été comblée avec des dépôts de rivière, si bien que sa profondeur est maintenant réduite par places à trente ou quarante pieds seulement. Près du lac de l'embouchure il y a un delta en éventail s'étendant sur presque quatre milles et demi, couvert d'abord de quarante-huit à soixante pieds près du bord. Au delà de cette lisière, il y a une déclivité brusque de 100 à 150 pieds tandis que la profondeur du lac augmente au delà. L'affaissement indiqué ici est une répétition des traits des environs de la baie Burlington à la fin du lac Ontario qui a une profondeur de soixante-dix-huit pieds derrière une plage à cinq milles de l'extrémité du lac que j'ai

signalée moi-même.[1] Quant au delta de la rivière Niagara que M. Gilbert a signalé comme preuve que le niveau du lac était à 100 ou 200 pieds plus bas que maintenant, on peut dire que vu que les dépôts du delta à leur bord extrême s'élevant à soixante pieds de la surface et comme il n'y a pas de dentelures des isobaths au delà, ils ne fournissent pas d'eux-mêmes de preuve de grand affaissement du lac plus accentué que cette quantité bien que les accumulations aient pu s'empiler dans les eaux plus profondes immédiatement au delà qui couvrent maintenant la topographie du bassin pré-glaciaire du lac.

D'autres preuves auraient pu permettre de conclure à une ligne de flottaison inférieure, par exemple, le sondage de quatre-vingt-seize pieds à Lewiston. Jusqu'à présent, cette profondeur de la rivière en dessous de la gorge avait fourni toute la preuve de l'ancien plus grand soulèvement du chenal Niagara.

Mais maintenant le profond sondage de 183 pieds fournit la première démonstration du dernier grand affaissement des eaux atteignant la rivière Niagara. J'ai pris la ligne de rivage représentée par le delta comme l'équivalent de celle qui est maintenant soulevée et redressée à l'extrémité orientale du lac et qui, au dire du Dr Gilbert, passait sous les eaux du lac à Oswego.

Le niveau du lac en ce qu'il intéressait la rivière Niagara doit avoir foncé à celui des sondages les plus profonds ce qui allonge de onze milles et demi le chenal qui plus bas que la surface de l'alluvion est affouilli dans le schiste tendre Medina. L'enfoncement des eaux plus bas que le niveau de la plage Iroquois a mis au jour des chutes partant du grès Medina descendant de 320 pieds au chenal profond de la rivière précitée—hauteur beaucoup plus considérable que ne le faisait supposer la preuve antérieure. Ceci ressort des sondages qu'il

1 "Geology of the Region about the Western End of Lake Ontario" par J. W. Spencer, déjà cité.

a diminué de trente-trois pieds à un tiers de mille dans la gorge si de fait le chenal n'est pas là comblé partiellement.

NIVEAU DE L'EAU LES PLUS BAS DANS L'ONTARIO.

Si la déformation de la plage Iroquois est prise dans son ensemble, on trouve qu'entre le fond du lac Ontario et la ferme Prospect, à l'est de Watertown, le soulèvement différentiel est monté à 367 pieds. Ce gauchissement de la terre doit avoir affecté le bord rocheux du bassin Ontario à soixante-dix milles en aval du débouché du lac si bien que les eaux, si le continent était assez haut, auraient pu s'abaisser de 500 autres pieds. De cette quantité un peu seulement plus que la profondeur du grand sondage est nécessaire pour expliquer le chenal profond de la rivière Niagara à moins qu'il n'ait été recomblé.

RECUL FINAL DES EAUX À LEUR NIVEAU ACTUEL.

Après le moment où les eaux du bassin Ontario se sont écartées de la rive Niagara le redressement de la terre au débouché d'Ontario a fait surgir le lac de nouveau, inonder les terres basses à sa tête et submerger une partie de la gorge Niagara. Le mouvement final était de date tardive. C'est ce qui a empêché le libre écoulement de la rivière avec son effet sur la pente.

Au retour des eaux à qu'elle hauteur ont-elles monté? Il y a quelques années, j'ai donné des preuves montrant qu'elle est montée à soixante-quinze pieds à peu près, comme on le voit dans les terrasses de Queenston et de Lewiston et comme le montrent certains graviers de Devils Hole (1). Il se peut que ces derniers soient tombés des dépôts de gravier du haut de la rivière, la preuve est donc douteuse. Les cailloux arrondis sous les blocs tombés des flats Foster ne peuvent pas être acceptés comme une preuve. Au débouché du lac Ontario,

1 "Another Episode in the History of Niagara Falls" Am. Jour. Sci., Vol. VI., pp. 439-450, 1898.

il y a des terrasses bien nettes des deux côtés, ayant jusqu'à soixante pieds et même plus, conformément à celles qu'on trouve le long de la rivière inférieure du Niagara. A moins d'un levé précis, il est impossible de dire, si on trouve qu'elles plongent comme si elles passaient sous le lac en gagnant l'ouest, ou si elles restent horizontales (comme plusieurs endroits le font croire). Mais la probabilité paraît être que la terrasse de soixante-quinze pieds s'est formée quand l'eau s'enfonçait primitivement dans le bassin du lac. Ce recul de l'eau réduit la déclivité de la rivière avec un peu d'effet sur les rapides inférieurs. A quelque hauteur que ce soit élevé le lac après le dernier affaissement, les chutes d'eaux subséquentes ont été causées par le creusage du chenal du St-Laurent.

CHAPITRE XVI.

GLACIATION ET MATÉRIAUX DE TRANSPORT ADJACENTS À LA RIVIÈRE NIAGARA.

Glaciation dans le district Niagara.
Caractère du transport argileux et caillouteux.
Caractère des arêtes de sable.
Dépôts de rivière avec coquilles.

GLACIATION DANS LE DISTRICT DE NIAGARA.

La glaciation où les surfaces polies et égratignées des roches établissent le caractère du pays avant la fin de la période glaciaire et définit nettement le travail accompli par la rivière moderne qui en différents endroits a remis à découvert la vieille surface de drainage. Ainsi, dans l'excavation pour le tuyau d'aqueduc de l'une des compagnies d'énergie dans le parc Victoria on a trouvé le bord méridional de la vallée Falls-Chippawa ensevelie, égratigné et poli. De plus, en s'élevant de la terrasse inférieure aux rapides Whirlpool à quelques pieds jusqu'au plancher plus élevé, on a trouvé polie la berge rocheuse de la vallée ancienne. Cela prouve que le chenal large au détroit était préglaciaire. Il en est de même à la carrière Niagara, sur la ferme Monroe, et audelà à la chute Harvie où la vallée Whirlpool-St-David montre que le bord supérieur a été arrondi et poli. A ce dernier endroit, la direction est de S. 10° ouest juste en dehors de la tranchée dont la direction est N. 20° ouest.

Durant l'été de 1905 il s'est fait de grandes excavations pour des égouts sur le chemin du Traversier et sur la route au delà dans Niagara Falls Centre qui montraient que les roches supérieures avaient été rabotées jusqu'à une surface extraordinairement horizontale, fortement polie et légèrement égratignée. Là, l'altitude de la surface rocheuse est de 354 pieds;

la direction des striations est S. 45° ouest à peu près dans la même direction que cette section de la rivière, mais comme l'ancienne vallée s'infléchit plus au sud, le cours des égratignures devient oblique à l'axe.

A la carrière Queenston, sur la pointe de montagne au sud est de St-David, la striation principale est S. 60° ouest avec des lignes plus S. 60° E. et S. On observe là quelques cannelures profondes. On peut dire que le cours de la glaciation correspond rarement avec l'allure de l'escarpement Niagara ou d'autres traits de surfaces, mais leur est oblique, souvent à des angles forts, ce qui montre qu'elles ne sont causées par l'action de la glace qui a souvent poli leurs surfaces.

La glaciation est de la plus haute valeur pour déterminer les dépressions qui sont anciennes et les nouvelles. En divers endroits avoisinant la rivière, cachés maintenant, on a observé les surfaces polies, comme, par exemple, à la pointe Hubbard et en face.

CARACTÈRE DU TRANSPORT ARGILEUX ET CAILLOUTEUX.

Le transport, le long de la rivière, en amont des îles Dufferin se compose d'argile mélangée à de petites pierres et quelques cailloux. Dans Niagara Falls Centre, à la tête du chemin du Traversier, en creusant des tranchées d'égout on a trouvé vingt-quatre pieds de transport gisant sur de la roche polie. Il y avait là une argile sableuse rougeâtre avec très peu de galets et quelquefois des cailloux anguleux de granite et d'autres matières. Dans les falaises qui dominent le parc Victoria à 100 pieds au moins de hauteur quelques-unes des couches sont du sable mais elles occupent la vallée ensevelie.

L'arête de Lundy Lane va à l'ouest, depuis Drummondville (du Niagara Falls Sud) sur une distance d'un peut plus de deux milles. Près du monument de la bataille de Lundy Lane, la haute arête de transport se compose de sable et gravier. Au pont No. 2 sur la vallée Whirlpool-St-David ensevelie,

PLANCHE XXX.

Lits de sable stratifié à la ferme Berryman.

l'argile de surface a une épaisseur de huit pieds, quinze pieds de sable mouvant, quinze pieds d'argile bleue, quinze pieds d'argile rouge avec en bas des sables et des graviers anguleux, tel que décrit dans le puits profond No. 1, qui atteint 269 pieds. Ces matériaux ont habituellement quelque mélange argileux. Au puits No. 4, la couche de fond de matériaux de transports reposant sur la roche consistait en une sorte de sable mouvant d'une texture extrêmement fine et de forme anguleuse qui avec l'eau coulait facilement mais se déposait si rapidement qu'il était difficile de le pomper du revêtement. Au Whirlpool les argiles ont une puissance de quarante pieds.

CARACTÈRE DES ARÊTES DE SABLE.

Généralement parlant, le plateau du district du Niagara a une surface remarquablement horizontale et légèrement ondulée, couverte de sol d'argile rouge comme celle qui caractérise l'alluvion à Niagara Falls Centre que l'on voit dans l'égout ou au puits No 2. L'arête à Lundy Lane est un trait exceptionnel. Une colline plus petite du même caractère existe au sud du bureau de poste de South End, mais il y a encore une autre colline plus haute—le Berryman—s'élevant droit au-dessus du bord intermédiaire de l'escarpement, juste à l'ouest du débouché de la tranchée Whirlpool-St-David où la face de l'escarpement est couverte de collines d'alluvions.

Du sommet de cette colline une arête descendante s'étend dans deux directions; celle qui couvre la vallée ensevelie disparaît à un demi-mille à l'est, dentellées de profondes vallées. De grands puits à gravier montrent là la structure des matières jusqu'à une profondeur de cinquante pieds; et aussi un puits à 100 pieds. Ils se composent de sable et de gravier avec une stratification bien nette mais en fausse stratification plongeant dans deux directions—c'est-à-dire en dehors vers la région basse du lac Ontario et en dedans vers le plateau. La planche XXX fait voir cette structure.

Les galets sont en majorité longs de un à trois pouces et forment seulement une partie accessoire du total. Beaucoup se composent de granite et de quartzite mais la plus grande partie est des fragments de calcaire et de grès rougeâtre qui ont été transportés du côté nord du lac Ontario avec rarement un morceau de calcaire Niagara. Ces dépôts chevauchent les argiles qui couvrent les graviers anguleux des chenaux ensevelis. Il n'y a aucun doute que ces accumulations transportées en travers du lac ont été déposés dans l'eau. Ils existent même à une hauteur de 100 pieds au-dessus de l'escarpement si bien qu'ils n'auraient pas pu être redéposés d'autres collines d'alluvion de la région. La glace transporteuse qui a fourni les matériaux paraît avoir été attirée là par la vallée pré glaciaire et avoir déposé son fardeau en fondant là où les courants pouvaient le stratifier. On voit une répètition de ce phénomène au monticule Font où il y a des dépôts semblables qui construisent un monticule plus élevé qui obstrue la tête de la vallée "Short Hills" (chenal enseveli Erigan). L'arête Lundy avoisine la vallée ensevelie Falls Chippawa et les sables ont une profondeur considérable.

DÉPÔTS DE RIVIÈRE AVEC COQUILLES.

Comme l'on fait remarquer depuis longtemps Lyell et Hall il y a des dépôts de rivière qui contiennent des coquillages d'eau douce. Hall décrit ceux de l'île Goat et Lyell, ceux du parc Victoria en arrière de l'ancienne île Cedar avant que le puit de gravier ait été oblitéré récemment. Les mêmes dépôts de coquilles existent en un point élevé du débouché du Whirlpool et ailleurs. Ils s'étaient accumulés dans les eaux plus calmes quand la rivière couvrait ces terrasses maintenant drainées.

CHAPITRE XVII.

BASSINS DES LACS ET CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES AYANT UN EFFET SUR LES CHUTES.

Aire de drainage. La part de l'Erié.
Pluviosité et évaporation des bassins des lacs.
Modification des conditions dans le bassin Erié.
Humidité.
Température.
Vélocité du vent.
Relation entre l'évaporation et la pluviosité,

AIRE DE DRAINAGE.—PART DE L'ÉRIÉ.

Dans l'investigation de l'état physique des chutes Niagara le problème des fluctuations des lacs, du débit et du changement des aires des lacs qui fournissent les eaux du Niagara sont des questions fondamentales qui demandent à être présentées ici, bien qu'on puisse trouver ces données dans les indications météorologiques déjà recueillies dont quelques unes composent les tableaux qui seront soumis dans l'annexe IV.

AIRES DE DRAINAGE[1].

Aire du plateau d'épanchement ou bassin de drainage du lac Supérieur:

	Milles carrés.
Dans l'Ontario	30,780
Dans le Minnesota	6,800
Dans le Winconsin	3,160
Dans le Michigan	7,860
Superficie aquatique	31,800
	80,400

1 Altitudes in Canada, James White, pp. 182-186, 1901. Also Rept. Engineers, U.S.A. Appendix FFF., pp. 2861-2, 1903.

Le Service des Lacs des Etats-Unis donne l'aire totale comme étant de 76,100 y compris une superficie aquatique de 32,100 milles carrés:

Aire du plateau d'épanchement ou bassin de drainage du lac Huron:

	Milles carrés.
Dans Ontario	35,400
Dans le Michigan	16,700
Superficie aquatique	23,200
	75,300

Cette aire comprend:

Baie Géorgienne	5,600
Chenal Nord	1,600
Rivière Ste-Marie	150
Baie Saginaw	1,050
Aire des îles	1,700
	10,100

Aire du plateau d'épanchement ou bassin de drainage du lac Michigan:

Dans le pays adjacent	40,200
Superficie aquatique	22,300
	62,500

Aire de plateau d'épanchement ou bassin de drainage du lac et de la rivière St-Clair:

Dans l'Ontario	4,160
Dans le Michigan	2,160
Superficie aquatique	445
	6,765

Aire de plateau d'épanchement ou bassin de drainage du lac Erié:

	Milles carrés.
Dans l'Ontario	5,480
Dans l'Ohio	11,950
Dans le Michigan	2,990
Dans New-York	2,210
Dans l'Indiana à	1,270
En Pennsylvanie	580
Superficie aquatique	10,000
	34,480

Les ingénieurs des Etats-Unis portent la superficie totale du bassin de drainage de l'Erié et du St-Clair à 40,800 milles carrés, y compris 10,600 milles carrés de superficie aquatique.

Aire du plateau d'épanchement ou bassin de drainage du lac Ontario:

Dans Ontario	11,255
Dans New-York	11,275
Superficie aquatique	7,450
	32,980

D'après les tableaux qui précèdent on peut voir que l'étendue totale du bassin de drainage Niagara est de 259,445 milles carrés (tables de White) ou 254,700 milles carrés (Services des des Lacs des Etats-Unis). L'étendue du bassin Erié-St-Clair est de 41,245 milles carrés (White) ou 40,800 milles carrés (Service des Lacs des Etats-Unis).

En étudiant le physique des chutes, on peut voir que cette séparation du drainage Erié de la quantité totale des lacs supérieurs est nécessaire parce qu'à une époque la rivière

Niagara recevait seulement l'eau du bassin Erié et partie de cela de la St-Clair. Ainsi, l'aire de drainage de l'Erié comparée à l'aire totale drainée par le Niagara constitue seize pour cent ou un sixième à peu près de toute la région.

PLUVIOSITÉ ANNUELLE MOYENNE ET ÉVAPORATIONS SUR LES BASSINS DES LACS.

La pluviosité moyenne des différents lacs a été calculée pour la période qui s'écoule entre les années 1882-1905; on trouvera à l'annexe IV la pluviosité moyenne annuelle et mensuelle[1]. On trouvera que la pluviosité moyenne dans les divers bassins est la suivante:

	1882–98 (2)	1882–05	1882–90	1891–00	1901–05
Lac Supérieur	26.27	27.26	26.17	27.06	29.64
Huron and Michigan	32.12	32.00	33.06	31.04	32.40
St. Clair-Erié	34.08	34.46	34.12	33.75	36.23
Ontario	36.87	36.87	37.31	36.00	38.20

Pluviosité et évaporation basées sur le débit (1882-1898), en termes de pieds cubes de débit par seconde:

	Pluviosité (3)	Evaporation	Evaporation
	(p. s.)	(p. s.)	(pouces)
Pour le bassin Supérieur	147,164	69,954	13.75
Bassin Michigan-Huron	325,857	203,831	20.29
Bassin St.-Clair-Erié	102,308	77,820	26.10
Bassin Ontario	89,557	57,507	23.67

(p. s. signifie pieds cubes par seconde.)

L'évaporation en pouces est corrigée pour l'abaissement du niveau du lac à la fin de la période d'observation.

La première période de pluviosité donnée plus haut est prise du Service des Lacs. Les autres groupes d'années sont

1 Rept. Lake Survey, 1903, pp. 2878-9; for data since 1898 Annual Rept. of Weather Bureau.
2 Engineers' Rept., 1903, p. 2860.
a, b, c, Corrigés en ajoutant la pluviosité Huron dans les moyennes des deux lacs.
3 Engineers' Rept., 1903, pp. 2860-1.

choisis parce que les levés de retrait des chutes ont été faits en 1890 et 1905 et la pluviosité renouvelée depuis 1900.

Les premières notes sont trop incomplètes à certains points pour étendre le tableau d'une façon satisfaisante. De fait, on peut s'attendre que la pluviosité du bassin Supérieur fasse erreur en ce qu'elle est trop élevée en raison de la diminution de la précipitation au nord du Lac Supérieur où il y a quelques stations météorologiques seulement dont quelques—unes n'ont pas été organisées il y a longtemps. Par exemple, à Nipigon, une grande rivière se jette dans le lac Supérieur là elle a 20.24 pouces, tandis qu'au nord-est aux chutes Martin elle est réduite à 14.16 pouces. Le même trait se présente au nord du lac Huron.

En conséquence la révision future de la pluviosité peut réduire un peu le débit moyen des bassins du Supérieur et de l'Huron comparés à ceux du Michigan et de l'Erié. Cette question a aussi une portée sur le retrait des chutes Niagara. On peut voir par les tableaux qui précèdent que la pluviosité moyenne des divers bassins varie, mais cela ne suffit pas à expliquer la réduction de la hauteur des lacs depuis 1900.

MODIFICATION DES CONDITIONS DU BASSIN ERIÉ.

Bien que l'aire de drainage des lacs plus hauts soit plus grande que celle de l'Erié la pluviosité proportionnelle est moindre. La proportion de précipitation de l'Erié relativement à la quantité totale dans la région des lacs en dehors du lac Ontario est de 17.7 p.c. ou un peu plus que celle de l'aire Erié comparée à la totalité qui est de 16 p.c. On trouvera que la détermination de ces proportions a une portée directe sur les changements physiques des chutes Niagara.

L'évaporation dépend de l'humidité, de la température ,du vent, de la proportion de la superficie du lac relativement à la totalité du bassin de drainage et des variations possibles des dimensions des lacs eux-mêmes. On a trouvé que le lac Erié

à sa naissance était de très petite dimension. Il avait une aire de 1,000 à 1,500 milles carrés comparés aux 10,000 milles carrés qu'il occupe aujourd'hui. Par suite, la différence devrait être traitée comme une superficie terrienne subissant moins d'évaporation autrefois.

HUMIDITÉ.

En examinant la question d'humidité on a trouvé que la moyenne de 1882 à 1898 a été:—

Lacs Erié	73.6	pour cent
Huron et Michigan	76.4	" "
Supérieur	76.4	" "
Ontario	74.9	" "

L'annexe IV donne aussi les humidités mensuelles du lac Erié.

TEMPÉRATURE.

L'évaporation dépend de la température, elle est donc donnée ici:—

Lacs Erié (1882-'98) a été	48.0	F
Supérieur (1882-'98)	35.9	F
Huron et Michigan	42.8	F
Ontario	44.1	F

Voir Annexe IV.

Vélocité de Vent.

Durant la même période la vélocité moyenne du vent a été:—

Lacs Érié	10.4
Supérieur	9.05
Huron-Michigan	10.3
Ontario	10.7

Voir Annexe IV.

Relation entre l'Évaporation et la Pluviosité.

La question suivante s'élève:—La quantité d'évaporation peut-elle être déterminée par les conditions météorologiques toutes seules? A ce sujet, le professeur Alfred J. Henry et le professeur Norman B. Conger ont fait quelques calculs en divers endroits de tous les lacs. Mais les stations différentes varient beaucoup et l'évaporation du côté sud-ouest des lacs est beaucoup plus considérable que des côtés nord et est. Les résultats de ces calculs basés sur des stations de rivage sont beaucoup trop élevés pour les stations médianes parce que la température déterminante d'évaporation (température des eaux de surface) est à quelques saisons de l'année 10° à 20° plus élevée que celle qui règne au milieu des lacs.[1]

De cette façon on n'a pu obtenir au moyen des postes de rivage de renseignements propres éclaircir ce problème. La nature différentielle des phénomènes météorologiques sert à se former des impressions sur les changementsde conditions aux mêmes postes dans les localités différentes.

1 Weather Bureau Bulletin No. 213, p. 22, 1899.

CHAPITRE XVIII.

FLUCTUATIONS DES LACS.

Lac Erié. Notice sur postes d'observations.
Fluctuations quinquennales moyennes de l'Erié 1850-1905.
Comparaison entre les fluctuations du Huron et de l'Erié.
Abaissement du lac Huron.
Drainage par le canal Chicago.
Changements de niveau du Huron agissant sur celui de l'Erié.
Comparaison des fluctuations de l'Erié et de l'Ontario.
Fluctuations quinquennales moyennes de l'Ontario 1854-1905.
Comparaison des fluctuations du lac Ontario et du Saint-Laurent.

LAC ÉRIÉ—NOTE SUR LES POSTES D'OBSERVATION.

Les fluctuations des lacs dépendent en première ligne des conditions météorologiques comme cela a été déjà indiqué. Mais, par le passé les portions les plus boisées du pays de la région des lacs doivent avoir modifié les fluctuations avec peut-être d'autres raisons qui n'ont pas été étudiées. Les données couvrent cinquante années au moins d'observations ininterrompues avec des renseignements fragmentaires enregistrés depuis bien des années bien en arrière. Premièrement, elles éclairent les variations de débit; secondement, elles fournissent des notions sur la stabilité actuelle de la région du Niagara, en ce qui concerne les différences de mouvement de la croûte terrestre; et, troisièmement elles renseignent sur le creusage des débouchés des lacs, etc.

Les deux points les plus importants du lac Erié pour observer les fluctuations sont à la prise d'eau du canal Welland, à Port-Colborne[1] et à Cleveland.[2] Les observations à Buffalo et à l'extrémité occidentale du lac montrent de plus graves variations qu'à Cleveland où les eaux sont moins susceptibles de s'empiler ou d'être abaissées par le vent. A

1 D'après les notes obtenues par la gracieuseté de M. J. L. Walker, ingénieur résident du Canal Welland, et de M. James White, géographe du Ministère de l'Intérieur, et de M. Butler, sous-ministre des Canaux, Ottawa.

2 Les fluctuations à Cleveland sont empruntés au Service des Lacs des Etats-Unis pour 1903, 1904 et 1906.

côté de celle-ci, Cleveland et Port-Colborne sont le long de la ligne et montrent le plus de différence de niveau indiquée par les plages soulevées. Autour de la tête du lac Erié, jusqu'à Cleveland il y a eu très peu d'inégalité de mouvement terrestre, tandis que, de Cleveland au nord-ouest, une inégalité d'élévation des plages abandonnées est fortement marquée par un soulèvement de 120 pieds sur une distance de 164 milles à Fonthill, Ontario, ou de 100 pieds dans une distance de 144 milles à Sheridan, New-York. Cette dernière distance est dans une direction plus orientale. De fait, presque tout le soulèvement se produit à l'est de Madison, Ohio, qui est quarante milles à l'est de Cleveland.

Les fluctuations moyennes annuelles du lac ont été calculées depuis 1849 d'après les fluctuations journalières à Port-Colborne en les rattachant au seuil de l'écluse No. 27 du canal Welland. Le même renseignement a aussi été obtenu quant aux fluctuations à Cleveland depuis 1854. Les notes ininterrompues de Buffalo ne remontent qu'à 1887. On a compilé d'après ces tableaux les fluctuations journalières moyennes durant les périodes de cinq années, quinze années et autres groupes d'années pour comparer avec les levés de retrait des chutes Niagara.

Pour la hauteur moyenne du lac Erié à Buffalo avant qu'on ait tenu des observations ininterrompues, on peut obtenir un résultat approximatif en ajoutant 0.12 aux niveaux à Cleveland. Ces niveaux moyens sont compilés d'après les tables des Ingénieurs des Etats-Unis sans la déduction de 0.33 d'un pied nécessitée par le dernier précis de nivellement au niveau de la mer. La correction nécessairée a été faite à Port-Colborne.

FLUCTUATIONS QUINQUENNALES MOYENNES DU LAC ERIE

	FLUCTUATIONS DU LAC ERIE		
	Pt. Colborne	Cleveland	Pt. Colborne en aval de Cleveland
1850–55	572.73*	.....	.....
1855–59	573.26	573.55	- .29
1856–60	573.40	573.63	- .23
1861–65	573.25	573.18	+ .07
1866–70	572.60	572.66	- .06
1871–75	572.28	572.42	- .14
1861–75	572.71	572.75	- .04
1860–75	572.80	572.85	- .05
1876–80	572.75	573.02	- .27
1881–85	572.92	573.18	- .26
1886–90	572.80	572.93	- .13
1876–90	572.82	573.04	- .22
1891–95	571.66	571.92	- .26
1896–00	571.57	571.86	- .29
1901–05	571.76	572.04	- .28
1877–05	572.20	572.46	- .26
1855–05	572.49	572.67	- .18
1891–05	571.66	571.94	- .28

Le bilan de Buffalo pour la courte période montre des fluctuations différentielles semblables à celles de Port Colborne relativement à Cleveland. Comme les fluctuations mensuelles et annuelles sont données dans l'Annexe V, l'enquêteur trouvera plus de renseignements en comparant des années en particulier soit pour le débit de la rivière Niagara à une époque donnée, pour l'abaissement des lacs ou pour les fluctuations différentielles, relativement à leur signification.

*Les élévations se rapportent à la marée moyenne à New-York. D'après la dernière détermination des niveaux du lac par nivellement précis, on a trouvé une différence de 1.08 pied entre les altitudes canadiennes et celles des ingénieurs des Etats-Unis. Sur cette quantité, il fallait ajouter 0.75 de pied aux tables canadiennes, ce qui a été fait; et enlever 0.33 d'un pied aux niveaux des Etats-Unis des lacs Erié et Ontario, mais en raison de la modicité de ce dernier chiffre il n'a pas été fait de déduction. Si cette correction était faite, les différences entre les niveaux aux deux endroits seraient très faibles, mais montreraient un changement constant des signes plus (+) à moins (—) *Voir* James White's Dictionary of Altitudes, p. VIII 1903.

COMPARAISON DES FLUCTUATIONS DE L'ÉRIÉ ET DU HURON.

Des fluctuations du lac Huron dépend le débit de la rivière St-Clair ou le débouché du lac. Les fluctuations différentielles des deux lacs permettent de déterminer en partie la question de l'abaissement du débouché du Huron mais la question de la stabilité de la région n'est pas aidée par la comparaison des niveaux du lac car il est impossible de déterminer l'élévation du lac d'en haut en raison de l'abaissement du débouché. L'annexe V donne les fluctuations moyennes mensuelles et annuelles du lac Huron. Le tableau du chapitre suivant donne seulement les fluctuations annuelles du lac Supérieur mais elles ne sont pas nettement rattachées au retrait des chutes.

En raison de l'abaissement des issues des lacs, le niveau moyen (1891-1905) devrait être adopté comme hauteur type bien que l'on ait suivi la moyenne générale quand il n'y a pas d'indication spéciale. La correction de—0.33 n'a pas été faite dans le tableau suivant car elle figure dans les deux colonnes.

FLUCTUATIONS QUINQUENNALES MOYENNES DU HURON ET DE L'ÉRIÉ.

Fluctuations	Sand Beach (L. Huron)	Cleveland (L. Erié)	L. Erié en aval du L. Huron
1855–60	582.58	573.54	–9.04
1861–65	582.25	573.18	–9.07
1866–70	581.41	572.66	–8.75*
1871–75	581.67	572.41	–9.26
1876–80	582.04	573.02	–9.02
1881–85	582.42	573.18	–9.24
1886–90	581.93	572.93	–9.00
1891–95	580.43	571.92	–8.51
1896–00	580.17	571.86	–8.31
1901–05	580.54	572.04	–8.50
1855–1889	582.08	573.00	–9.08
1890–1905	580.42	572.00	–8.42
1855–1905	581.55	572.67	–8.88

Relativement à cet abaissement temporaire du lac Huron il est bon d'indiquer que le canal qui traverse la platière St-Clair fut commencé en 1866 et ouvert à la navigation en

1871.[1] Durant ces opérations un canal droit de treize pieds était creusé en travers des bas-fonds de six pieds (*voir* figure 26, chapitre XXVI.) Cela peut avoir occasionné la chute temporaire du lac Huron qui par années correspondait à celle des principaux dragages. Après 1886 et complètement en 1902 le chenal a été encore creusé à dix-huit pieds et plus tard à vingt et vingt-un pieds. Mais en se reportant aux tables nous trouvons que l'abaissement le plus remarquable des autres lacs s'est produit après 1889 et continue actuellement.

ABAISSEMENT DU LAC HURON.

Si l'on prend les différences moyennes annuelles au lieu des quinquennales, comme dans ce chapitre (*voir* Annexe V), on voit que l'abaissement remarquable du lac Huron a commencé en 1889 et a atteint son maximum en 1890; en 1891, le lac a monté un peu subséquemment avec des fluctuations de moindre importance, mais l'effet général a été de l'abaisser de 0.66 de pied plus que le lac Erié. D'une part de 1904 à 1905 inclus le lac Supérieur avait monté de 0.41 d'un pied comparé aux élévations antérieures entre 1860 et 1893.

Cet abaissement de l'Huron a été indiqué par M. Russell aux écrits duquel je dois ces renseignements. Il dit: La moyenne de 1873-1892 indique une augmentation de 11,355 pieds cubes par seconde dans le débit repère de la rivière St-Clair. Le changement dans le débit provenant d'un pied de hausse dans la surface est de 14,217 pieds cubes par seconde. Un abaissement du corps de la rivière, de 0.80 de pied est donc indiqué depuis 1893 relativement aux vingt années précédentes (page 4118, 1904). En se reportant aux tables de pluviosité dans l'annexe IV on verra que la moyenne de chute d'eau annuelle du bassin Huron-Michigan a diminué de plus de 1.5 pouce durant les années 1891-1905 relativement à la période de 1882-1890, tandis que la quantité d'eau tombée du Supérieur

1 Annexe OO., Rept. of Engineers, U.S.A., 1905, pp. 598.

et de l'Erié a augmenté. Cela n'explique pas l'abaissement dans le bassin Huron mais comme la période à l'examen embrasse un certain nombre d'années son effet sur le lac Erié aurait produit des résultats proportionnés durant la majeure partie du temps. Même en étudiant les fluctuations, il est impossible d'expliquer l'abaissement différentiel de l'Huron autrement que par l'abaissement du débouché probablement un peu atteint par l'excavation du canal St-Clair, mais surtout par le raclage du fond du chenal. Une analyse plus serrée peut montrer un autre léger creusage du débouché St-Clair. Mes calculs s'élevant à 0.66 de pied comprennent les années 1904 et 1905 d'eau plus haute, n'entrant pas dans les calculs de M. Russell (0.80 de pied d'abaissement). Evidemment ces différences et même plus se présentent quand les données ne permettent pas des calculs plus précis. Ceci n'embrasse pas la totalité de l'abaissement du lac, mais doit être ajouté à celui du lac Erié (*voir* le chapitre suivant).

DRAINAGE PAR LE CANAL DE CHICAGO.

A cet égard, il est bon de dire que l'attribution totale au canal (10,000 pieds cubes par seconde) devrait théoriquement abaisser le lac Huron de 0.521 de pied; le lac St-Clair de 0.435 de pied; et le lac Erié, de 0.379 de pied, et qu'il faut 4.86 années pour effectuer ce changement. Le canal a été ouvert en janvier 1900. Durant l'année 1901, l'écoulement moyen a été de 4,270 pieds cubes. Durant 1905 le canal a retiré 5,000 pieds cubes à peu près par seconde.

CHANGEMENTS AU NIVEAU HURON AGISSANT SUR L'ÉRIÉ.

La hausse des lacs n'est pas simultanée et si elle équivaut à un pied dans le lac Huron, elle peut élever le lac Erié de 0.727 de pied. Il faudrait soixante-douze jours pour effectuer les cinq dixièmes de cette hausse dans le lac Erié et pour neuf

dixièmes, il faudrait 239 jours[1]. Une hausse d'un pied dans l'Huron correspond à 0.602 de pied dans la rivière St-Clair. Une hausse d'un pied dans l'Erié produit un effet de 0.346 de pied de recul d'eau dans le lac Huron. D'après ces faits, on peut voir que la comparaison de niveaux de lac par année en particulier peut amener de grosses erreurs et qu'on ne peut compter que sur des observations reposant sur plusieurs années.

Autrefois les changements énormes de niveau dans le bassin d'Ontario ont joué un rôle fondamental dans le retrait des chutes Niagara. Il y a des changements postérieurs par suite de l'affouillage ou du curage des débouchés. La quantité est facile à mesurer.

COMPARAISON DES FLUCTUATIONS DE L'ÉRIÉ ET DE L'ONTARIO.

Les changements de la rivière Niagara correspondent intimement avec ceux des niveaux du lac Erié. La surface de la rivière en amont de la première cataracte ou rapides d'en haut est de quatorze pieds plus basse que le lac. On peut voir les changements différentiels de niveau entre le lac Erié et le lac Ontario dans les tableaux suivants:—

Fluctuations	Lac Erié à Port Colborne	Lac Ontario à Toronto	Ontario en aval d'Erié
1854–60	573.23	246.78	– 326.45
1861–65	573.25	246.55	– 326.70
1866–70	572.60	246.10	– 326.50
1871–75	572.28	245.40	– 326.88
1876–80	572.75	245.93	– 326.82
1881–85	572.92	246.22	– 326.70
1886–90	572.80	246.41	– 326.39
1891–95	571.66	245.06	– 326.60
1896–00	571.57	244.68	– 326.89
1900–05	571.76	245.49	– 326.27
1854–90	572.83	246.24	– 326.59
1891–05	571.66	245.07	– 326.59
1855–05	572.48	245.86	– 326.62

Bien que l'élévation moyenne du lac Ontario soit donnée durant cinquante années, celle de 1891 à 1905 est maintenant

1 Thomas Russell, appendix EEE, Rapt. Lake Survey, U.S. Engineers 1904 p. 4131.

plus exacte car elle tient compte de l'abaissement de la sortié après 1890.

FLUCTUATIONS QUINQUENNALES MOYENNES D'ONTARIO.

Des mesurages locaux quotidiens du niveau du lac ont été tenus à Toronto, Oswego et Charlotte durant une période de plus de cinquante années. En d'autres endroits le renseignement est plus espacé et il est regrettable qu'on ne dispose pas de données sur une longue période au débouché du lac lui-même. On peut arriver à des conclusions importantes relativement aux fluctuations en analysant les mesurages aux trois endroits indiqués et à la tête du premier des canaux du Saint-Laurent, soixante milles en aval de la sortie du lac où la surface de la rivière est abaissée seulement d'un peu moins d'un pied.

FLUCTUATIONS QUINQUENNALES[1] À TORONTO, OSWEGO ET CHARLOTTE[2]

Années	Toronto	Oswego en amont de Toronto	Oswego*	Charlotte*	Charlotte en amont de Toronto
1856–60	246.89	+ .28	247.17	247.23	+ .34
1861–65	246.55	+ .75	247.30	247.24	+ .69
1866–70	246.10	+ .51	246.61	246.88	+ .78
1871–75	245.40	+ .43	245.83	245.91	+ .57
1876–80	245.93	+ .46	246.39	246.56	+ .63
1881–85	246.22	+ .44	246.66	246.66	+ .47
1886–90	246.41	+ .42	246.83	246.74	+ .33
1891–95	245.06	+ .53	245.59	245.61	+ .55
1896–00	244.68	+ .45	245.13	245.14	+ .46
1901–05	245.49	.....	.....	245.80	+ .39
1855–05	245.86	.....	.....	246.38	+ .52
1854–90	246.24	.....	.....	.....	.....
1856–00	.....	+ .47	.....	.....	.....
1891–05	245.07	.....	.....	245.52	+ .45

L'écart des niveaux entre Toronto et Oswego est remarquablement faible. Depuis 1866, le maximum de la quantité quinquennale n'a été que de 0.11 de pied quoique quelques

1 La correction par nivellement précis jusqu'à Greenbush N.Y. a été appliquée aux niveaux Toronto mais pas à ceux d'Oswego et de Charlotte, ce qui les réduirait de 0.33 de pied et diminuerait ainsi la différence inévitable dans la détermination des hauteurs aux diverses stations.

2 Les fluctuations annuelles moyennes figurent à l'annexe V, tableau 5.

fluctuations annuelles moyennes soient plus fortes. La différence moyenne de lecture dans ces années est de 0.47.

Avec la différence pour la période quinquennale de 1870 à +51 et cela de 1900 à +45 s'il s'est produit un changement quelconque, cela ferait supposer qu'Oswego a subi un déplacement dans un sens ou dans l'autre; tandis que, d'un autre côté, si l'on compare la première période à celle qui se termine en 1895 (+53), on peut déduire le mouvement opposé. On ne peut donc arriver qu'à une seule conclusion; savoir: que le petit écart trouvé dans les niveaux aux deux endroits ne sort pas de l'erreur arithmétique moyenne et n'a pas d'importance. Il est à remarquer combien on juge les écarts petits quand ils se répartissent sur une période considérable. Si l'on compare les niveaux de Charlotte avec deux autres endroits, on trouve que les fluctuations sont légèrement plus fortes. Mais cette station est située à l'embouchure de la rivière Genesee qui peut donner naissance à une hausse temporaire de l'eau.

Si l'on observe les fluctuations des périodes se terminant en 1860 et 1865 on trouve que les écarts des moyennes (+47) sont exagérées des deux côtés. On ne peut déterminer si cela provient du vent ou des imperfections des observations ou d'autres conditions. Finalement la fluctuation moyenne du lac Ontario aux différents endroits cités peut être considérée comme un chiffre remarquablement constant.

COMPARAISON DES FLUCTUATIONS DU LAC ONTARIO ET DE LA RIVIÈRE SAINT-LAURENT.

La constance de la fluctuation en des endroits du lac Ontario ayant été trouvée il s'agit de savoir d'abord quel est le taux de fluctuation entre le lac Ontario et les rapides Galops, soixante milles au-delà de la sortie du lac à l'endroit en amont duquel la rivière commence à descendre. Des registres de cette fluctuation ont été tenus à l'ancienne écluse No. 27 des canaux

du Saint-Laurent. Une comparaison de ces endroits éclairerait la question des changements de niveau de la terre.

On trouvera aux chapitres XIX, XX, XXI et XXX l'application de ces données.

Ce tableau permet de voir que les rapides Galops peuvent être pris comme autre point de comparaison des fluctuations du lac Ontario. La période d'observation est la plus courte, couvre seulement trente années et la chute moyenne est de 1.10 pied.

FLUCTUATIONS QUINQUENNALES MOYENNES À TORONTO, ECLUSE 27 RAPIDES GALOPS, ECLUSE 15 CORNWALL, ET ECLUSE 14 VALLEYFIELD.

Année	Lac à Toronto	Ecluse 27	Ecluse 27 en aval d'Ontario	Ecluse 15	Ecluse 15 en aval d'Ontario	Ecluse 14	Ecluse 14 en aval d'Ontario
1861–65	246.55	.....	.....	.....	.....	155.08	– 91.47
1866–70	246.10	.....	.....	.....	.....	154.44	– 91.66
1871–75	245.40	.....	.....	157.58	– 87.82	153.97	– 91.23
1876–80	245.93	244.35	– 1.58	157.06	– 88.87	154.26	– 91.67
1381–85	246.22	244.86	– 1.36	157.25	– 88.97	154.27	– 91.95
1386–90	246.41	245.10	– 1.31	157.69	– 88.72	154.48	– 91.93
1891–95	245.06	243.89	– 1.17	156.61	– 88.45	153.91	– 91.15
1896–00	244.68	243.53	– 1.15	155.92	– 88.76	153.38	– 91.30
1901–05	245.49	244.21	– 1.28	.....	.....	153.56	– 91.93
1861–75	246.02	.....	.....	.....	.....	154.50	.....
1876–90	246.18	244.77	– 1.41	157.33	– 88.85	154.33	– 91.85
1891–05	245.08	243.88	– 1.20	.....	.....	153.62	– 91.46
1891–00	244.87	243.88	– 1.16	156.26	– 88.6	153.47	– 91.40
1861–90	246.10	.....	.....	.....	.....	154.42	– 91.68

CHAPITRE XIX.

ABAISSEMENT DES DÉBOUCHÉS DES LACS.

Stabilité du débouché du lac Supérieur.
Tableau des fluctuations annuelles moyennes de l'Erié, du Huron et du lac Supérieur.
Abaissement du débouché de l'Huron.
Table des fluctuations moyennes annuelles de l'Erié et du Ontario.
Abaissement du débouché de l'Erié sur le même pied que celui de l'Ontario.
Abaissement du débouché de l'Ontario.
Effet de l'abaissement de l'Ontario sur les lacs plus hauts.
Effets de l'abaissement des lacs sur les canaux et les havres.
Elévations corrigées des Grands Lacs.

STABILITÉ DU DÉBOUCHÉ DU LAC SUPÉRIEUR.

Les tables des fluctuations quinquennales des lacs ont été données, mais pour faire une investigation plus profonde de la question de l'abaissement des débouchés on trouvera dans la table suivante les fluctuations annuelles moyennes—pour le lac Supérieur au Sault Ste-Marie, pour le lac Huron à Sand-Beach près de la sortie du lac et pour le lac Erié à Cleveland.

Les fluctuations du lac Supérieur depuis 1893 montrent une augmentation moyenne de hauteur s'élevant à 0.41 de pied si on la compare avec les années 1860-1893. C'est une hausse absolue de la surface de l'eau en plus d'un abaissement quelconque du débouché sur les roches cristallines, dont je ne possède pas les données même si elles sont mesurables. La hausse est conforme à la quantité moyenne d'eau tombée qui a augmenté de 1.7 pouce entre 1891 et 1905 relativement à la période moyenne de 1882-90.

Cette preuve n'est pas concluante par elle-même quant à la constance actuelle du débouché du lac Supérieur, mais elle suffit à séparer la question de celle qui concerne l'abaissement du débouché Huron si bien que le rabotage de la sortie du lac Supérieur peut être considéré comme assez lent pour ne pouvoir pas être mesuré.

TABLEAU DES FLUCTUATIONS MOYENNES ACTUELLES DES LACS ERIÉ, HURON ET SUPÉRIEUR.

Années	Lac Erié Cleveland	Sand Beach en amont de Celveland	Lac Huron Sand Beach	Lac Supérieur Sault Ste. Marie
1855	573.10	8.68	581.78	
1856	572.88	9.07	581.95	
1857	573.32	9.23	582.55	
1858	574.22	8.87	583.09	
1859	574.26	9.02	583.28	
1860	573.49	9.37	582.86	602.53
1855–60	573.54	9.04	582.58	
1861	573.58	9.28	582.86	602.58
1862	573.69	9.07	582.76	602.30
1863	573.40	8.94	582.34	601.94
1864	572.79	9.05	581.84	601.62
1865	572.44	9.00	581.44	602.03
1861–65	573.18	9.07	582.25	602.09
1866	572.58	8.54	581.12	602.02
1867	572.60	8.96	581.56	602.24
1868	572.23	8.84	581.07	602.05
1869	572.65	8.54	581.19	602.38
1870	573.28	8.82	582.10	602.07
1866–70	572.66	8.75	581.41	602.15
1871	572.69	9.46	582.15	601.67
1872	571.73	9.37	581.10	601.78
1873	572.43	9.08	581.51	602.06
1874	572.94	8.97	581.91	602.07
1875	572.28	9.42	581.70	602.21
1871–75	572.41	9.26	581.67	601.96
1876	573.69	9.05	582.74	602.52
1877	572.87	9.58	582.45	602.09
1878	573.28	8.92	582.20	601.61
1879	572.52	8.80	581.32	600.96
1880	572.77	8.72	581.49	601.41
1876–80	573.02	9.02	582.04	601.72
1881	572.61	9.26	581.87	601.86
1882	573.48	8.73	582.21	601.82
1883	573.26	9.23	582.49	601.60
1884	573.33	9.37	582.70	601.42
1885	573.24	9.62	582.86	601.70
1881–85	573.18	9.24	582.42	601.68
1886	573.35	9.73	583.08	601.51
1887	573.29	9.13	582.42	601.44
1888	572.60	9.18	581.78	601.73
1889	572.37	8.91	581.28	601.77
1890	573.05	8.06	581.11	601.62
1886–90	572.93	9.00	581.93	601.61

TABLEAU DES FLUCTUATIONS MOYENNES ACTUELLES DES LACS ERIÉ, HURON ET SUPÉRIEUR—*Finis.*

Années	Lac Erié Cleveland	Sand Beach en amont de Cleveland	Lac Huron Sand Beach	Lac Supérieur Sault Ste. Marie
1891	572.15	8.39	580.54	601.24
1892	572.13	8.24	580.37	601.19
1893	572.08	8.52	580.60	601.51
1894	572.09	8.67	580.76	602.14
1895	571.17	8.73	579.90	602.29
1891–95	571.92	8.51	580.43	601.67
1896	571.39	8.20	579.59	602.15
1897	571.96	8.24	580.20	602.20
1898	572.13	8.22	580.35	601.77
1899	571.90	8.46	580.36	602.26
1900	571.94	8.43	580.37	602.34
1896–1900	571.86	8.31	580.17	602.14
1901	571.38	9.25	580.63	602.37
1902	571.84	8.37	580.21	602.31
1903	572.37	7.99	580.36	602.49†
1904	572.45	8.39	580.84	602.71†
1905	572.16	8.60	580.95	602.34†
1901–05	572.04	8.50	580.59	602.44

†Marquette.

ABAISSEMENT DU DÉBOUCHÉ DU LAC HURON.

Le débouché de l'Huron a été étudié partiellement (page 239), avec l'abaissement soudain de la surface du lac, commencé en 1889 et qui s'est maintenu depuis. La moyenne de baisse du Huron depuis cette date comparée avec la moyenne précédente de niveau est de 1.66 pieds. Mais si on compare l'affaissement des eaux du Huron avec les fluctuations à Cleveland, on trouve que là aussi le lac a baissé d'un pied. Comme cela s'est continué sur une période de quinze années, l'écart moyen qui s'élève à 0.66 de pied n'est pas une oscillation temporaire de niveau comme celles qu'on constate si on compare des années en particulier.

D'après les preuves que je possède, j'admets donc avec M. Russell que ce doit être un abaissement permanent du débouché Huron. Les notes de fluctuations avant 1855 sont trop incomplètes pour permettre de tirer des conclusions

bien nettes. Entre janvier 1846 et août 1854 on ne peut se procurer que quelques notes éparses mensuelles des niveaux du lac Erié. Entre janvier 1846 et août 1849 on a des notes mensuelles complètes pour le Huron—la hauteur moyenne durant ce temps était de 580.44 pieds. Les notes de l'Érié pour les huit premiers mois de 1846 donne une élévation moyenne de 571.49 pieds, tandis que celle du lac Huron est de 581.00 pieds. En conséquence, l'écart de niveau entre Erié et Huron est de 9.51 pieds, ce qui est plus que la moyenne d'aucune période quinquennale depuis 1854. Ces notes partielles montrent que, dès 1846, le niveau du lac Huron n'avait pas baissé relativement au lac Erié. De plus, il y a des notes de mai à octobre (inclus), pour l'année 1840, mais elles montrent un niveau relativement plus bas pour le lac Huron tandis que durant l'eau haute de juin et juillet 1838 il y avait une augmentation d'écart des hauteurs pour le lac. Il y a aussi un autre accroissement de hauteur pour le lac Huron en juin 1819 et l'écart est alors de 10.40 pieds. Des mois ou même des saisons pris en particulier ont peu de valeur, car, ainsi qu'on l'a déjà montré, toute hausse soudaine du lac Huron nécessite des mois et des années pour être égalisée dans le lac Erié.

Des notes incomplètes qu'on peut maintenant se procurer depuis 1819[1] ne montrent pas que pour une période considérable le bas écart d'élévation de l'Huron se soit produit avant la période 1890-1905.

Bien que la grande hausse du lac Supérieur ait commencé en 1894, cependant en raison de l'affaissement des autres lacs survenu juste après 1890, on peut considérer cette dernière date comme une interruption dans les notes sans entraîner une erreur considérable. Entre 1861 et 1890 la hauteur moyenne du lac Supérieur était de 601.67 pieds au-dessus de la marée tandis que, depuis cette époque la hauteur a monté à 602.08 pieds. En même temps, le lac Huron est tombé de 581.95

*Compilées dans le Rapport des Ingénieurs des Etats-Unis sur les levés des lacs.

pieds à 580.38 (au-dessus du niveau de la mer,) soit une baisse absolue de 1.57 pieds et le lac Erié est descendu de 572.90 à 571.98 pieds ou de 0.90 de pied. Durant 1891-1905, la quantité moyenne de pluie tombée dans le bassin du lac Supérieur a augmenté de 1.75 pouces et celle du bassin Erié monté 0.46 de pouces. D'un autre côté la pluie tombée dans le du bassin Huron-Michigan a diminué de 1.57 pouces.

En ce qui regarde les débits des rivières, la diminution consignée de la quantité d'eau tombée pour Michigan-Huron est plus que compensée par le plus grand débit du lac Supérieur et la légère hausse du bassin Erie. En conséquence la réduction de débordement du lac Huron dû au changement dans la quantité de pluie tombée devrait être en dedans des limites de 1,400 à 1,800 pieds cubes par seconde, ce qui pourrait porter aussi atteinte au débit du lac Erié.

Des preuves d'abaissement différentiel du lac Huron ont été données (page 239). Cela est maintenant de plus confirmé par l'indication du peu d'effet produit par les changements de quantité de pluie tombée et aussi par la comparaison du debit du lac Supérieur. Les changements dus à l'évaporation ne peuvent pas être déterminés d'après les données où l'on ne voit pas de modifications importantes. Ces fluctuations montrent que l'abaissement principal du débouché du lac Huron est survenu entre 1889 et 1902—se montant à 0.6 à 0.66, ou même 0.80 de pied suivant les années prises dans les calculs. Mais on peut aussi trouver de légers changements dans l'étude détaillée d'autres années. En plus de l'abaissement différentiel du lac Huron, tout affaissement survenu dans le lac Erié doit être ajouté à celui du lac Huron. On a obtenu là un pied d'écart dans les mêmes années. Une faible portion seulement de cet abaissement est attribuable aux changements météorologiques. (*Voir* Abaissement du lac Ontario.) Comme les postes de mesurage pour enrégistrer sont stationnaires, une baisse dans les lectures de la mesure peut indiquer une hausse du terrain et

pas un abaissement du débouché—Dans le cas de la sortié du Huron les matériaux composés d'alluvion ou de sable seraient immédiatement raclés et enlevés par une augmentation de hauteur de l'eau ou les mêmes matériaux seraient déposés au fond du chenal par un léger abaissement du niveau de la rivière. D'un autre côté, le débouché du lac Erié peut subir l'effet de deux façons. La grande bordure qui détermine son niveau est un banc de calcaire à la première cataracte des rapides d'en haut. Mais au débouché du lac Erié il y a une barrière légèrement plus haute qui a continué à exister et retarde les eaux du haut de la rivière. Ce trait se voit bien entre Fort-Erié et Black-Rock. Tandis qu'à l'extrémité occidentale du pont International la barrière se compose de roche. Cependant, au centre et à l'extrémité ouest, cette barrière est remplacée par des dépôts argileux. En conséquence, l'abaissement du lac pourraît se produire là de la même façon que celui qui est dû au raclage du débouché du lac Huron. A un mille et demi au sud, cependant, une barrière rocheuse paraît traverser la rivière à une profondeur de dix-sept à vingt-quatre pieds si bien qu'elle est au même niveau que le bord en amont des rapides d'en haut. Au chapitre XXX on montrera qu'actuellement, si l'on se reporte à cinquante ans en arrière il n'y a absolument pas eu de mouvements de terre, si bien que la baisse du lac Erié est principalement due à l'abaissement de la sortie.

TABLE DES FLUCTUATIONS MOYENNES ANNUELLES DE L'ERIÉ ET DE L'ONTARIO.

Années	Toronto	Pt. Colborne	Toronto en aval de Pt. Colborne
1856	246.56	572.57	326.01
1857	247.07	573.06	325.99
1858	247.40	573.91	326.51
1859	247.14	573.95	326.81
1860	246.31	573.52	327.21
	246.89	573.40	326.51
1861	247.05	573.56	326.51
1862	246.92	573.71	326.79
1863	246.50	573.50	327.00
1864	246.29	573.07	326.78
1865	246.03	572.41	326.38
	246.55	573.25	326.70
1866	245.62	572.72	327.10
1867	246.44	572.44	326.00
1868	245.17	572.23	327.06
1869	246.06	572.49	326.43
1870	247.20	573.13	325.93
	246.10	572.60	326.50
1871	245.84	572.60	326.76
1872	244.41	571.64	327.23
1873	245.53	572.25	326.72
1874	246.28	572.71	326.43
1875	244.96	572.21	327.25
	245.40	572.28	326.88
1876	246.76	573.59	326.83
1877	245.58	572.52	326.94
1878	246.10	572.94	326.84
1879	245.70	572.25	326.55
1880	245.51	572.45	326.94
	245.93	572.75	326.82
1881	245.14	572.21	327.07
1882	246.13	573.10	326.97
1883	246.31	573.11	326.80
1884	246.96	573.12	326.16
1885	246.59	573.09	326.50
	246.22	572.92	326.70
1886	247.31	573.46	326.15
1887	246.77	573.16	326.39
1888	245.56	572.38	326.82
1889	245.67	572.16	326.49
1890	246.73	572.80	326.07
	246.41	572.79	326.38

TABLE DES FLUCTUATIONS MOYENNES ANNUELLES DE L'ERIÉ ET DE L'ONTARIO—(*Fin.*).

Années	A Toronto	A Pt. Colborne	Toronto en aval de Pt. Colborne
1891	245.77	571.88	326.11
1892	244.93	571.88	326.85
1893	245.49	571.85	326.36
1894	245.31	571.80	326.59
1895	243.81	570.93	327.12
	245.06	571.66	326.60
1896	244.06	571.08	327.02
1897	244.44	571.66	327.22
1898	245.03	571.88	326.85
1899	244.97	571.63	326.66
1900	244.91	571.63	326.72
	244.68	571.57	326.89
1901	244.73	571.05	326.32
1902	245.01	571.70	326.69
1903	245.54	572.02	326.48
1904	246.29	572.21	325.92
1905	245.91	571.84	325.93
	245.49	571.76	325.27

ABAISSEMENT DU DÉBOUCHÉ DE L'ÉRIÉ SUR LE MÊME PIED QUE CELUI D'ONTARIO.

Pour s'assurer si l'approfondissement du chenal Niagara est mesurable ou non, il faut comparer les niveaux de l'Erié et de l'Ontario. Les mesurages à Port-Colborne sur le lac Erié (donnée qui diffère légèrement de celle de Cleveland) sont comparés ici avec ceux du lac Ontario à Toronto comme le montre la table suivante et la table quinquennale, chapitre XVIII, page 241. Le grand abaissement de l'Erié est survenu en 1891 et celui du lac Ontario s'est produit presque à la même époque. Le niveau moyen de l'Erié à Port Colborne entre 1854 et 1890, voir page 241 était de 572.83 au-dessus du niveau de la mer et, entre 1891 et 1905, il était de 572.83 pieds, ce qui montre un enfoncement du lac Erié de 1.17 pieds. La hauteur moyenne du lac Ontario entre 1854 et 1890 était de 246.24 et entre 1894 et 1905, il était de 245.07; ce qui montre aussi un écart de 1.17 pieds. On voit donc qu'il n'y a pas eu de

changement (dans la moyenne de plusieurs années) relativement aux fluctuations des lacs. La conclusion est que l'abaissement du débouché de l'Erié avance au même taux que celui la sortie sur le St-Laurent du lac Ontario. Aux chutes Niagara et aux rapides Galops du St-Laurent les deux rivières coulent sur du calcaire qui a déterminé en majeure partie les bords de bassins du lac en amont de ces endroits; bien qu'une quantité restreinte d'alluvion fasse subir son influence sur le St-Laurent aussi bien que sur la sortie de l'Erié précité. Bien que les alluvions se sont ségrégées autour des culées du pont International la rivière a enfoncé son lit dans les chenaux qui passent entre quelques-uns. Ainsi, dans le chenal de la quatrième travée, la profondeur était de quarante-deux pieds, il y a trente ans et maintenant il s'est creusé une profondeur de cinquante-trois pieds.

Aux rapides Galops la profondeur jusqu'au bord rocheux ne dépasse pas treize pieds et en juin 1902 atteignait 2.09 pieds ou 1.25 pied plus bas qu'Ogdensburg, quelques pieds en aval (page 2793 Rep. Eng. 1902). Le lit de la rivière se compose là d'argile. Tandis que les bords rocheux sont les principales barrières des lacs qui limitent la force de raclage des rivières qui attaque les lits argileux, une partie cependant de l'abaissement des lacs semble due aux changements dans les sections argileuses et il n'est pas surprenant de constater que l'abaissement des deux lacs ait été le même.

L'usure du plancher rocheux de la rivière adjacent à l'île Goat paraît insignifiante au premier abord; mais après avoir passé la première cascade, deux à six pieds de roche ont été enlevés par la rivière moderne qui a agi sur les rapides depuis seulement que les chutes ont reculé de mille pieds au sud de la pointe Hubbard ou à 7,000 pieds de la crête actuelle des chutes; c'est à dire après que les chutes ont commencé à enlever les matériaux de transport de la vallée ensevelie Falls-Chippawa et fait apparaître les rapides d'en haut eux-mêmes. Cela

est arrivé il y a moins de quinze cents ans et montre que l'abaissement de la rivière en passant par la barrière rocheuse a été très lent et s'est accompli à intervalles irréguliers.

ABAISSEMENT DU DÉBOUCHÉ DU LAC ONTARIO.

La table suivante a été calculcé sur la table des fluctuations quinquennales du lac Ontario et de la rivière St-Laurent déjà donnée (chapitre XVIII) et des fluctuations annuelles (chapitre XXXI.)

Années	Lac à Toronto.	Ecluse 27.	Ecluse 27 en aval du lac à Toronto.	Ecluse 15.	Ecluse en avail du lac à Toronto.	Ecluse 14.	Ecluse 14 en aval du lac à Toronto.
1876–1890	246.18	244.77	1.41	157.33	88.85	154.33	91.85
1891–1900	244.87	243.71	1.16	156.26	88.61	153.47	91.40
1901–1905	245.49	244.21	1.28	.....	.....	153.56	91.93

Bien que cette table ne soit pas complète pour toutes les années d'observation aux quatre postes, elle suffit cependant pour montrer qu'elle serait peu changée par l'addition des moyennes des quinze années précédant celle de 1876. D'après le tableau quinquennal (page 244) on a trouvé que le niveau du lac Ontario à Toronto entre 1861 et 1890 est seulement de 0.08 de pied plus élevé que la moyenne des quinze dernières années et aussi que l'écluse 14 montre que la moyenne des trente dernières années de 1861 à 1890 dépasse de 0.08 seulement celui des quinze années se terminant avec 1890. En conséquence les notes antérieures à d'autres endroits sont inutiles. En analysant ce tableau, on trouve que la surface moyenne de l'eau a baissé durant les périodes se terminant en 1891 et 1900: à Toronto 1.31; à l'écluse 27, 1.00; à l'écluse 15, 1.07; à l'écluse 14, 0.86 pied. Après 1900, l'eau est remontée, à Toronto

0.62; à l'écluse 27, 0.50; et à l'écluse 14, à 0.07 de pied. Avec cette hausse de la surface large du lac Ontario s'élevant à plus d'un demi-pied, la hausse du niveau de la rivière aurait dû être équivalente proportionnellement, d'une petite quantité. La conclusion à tirer est que le lit des rapides St-Laurent adjacent à l'écluse 14 s'était réduit de 0.62 moins 0.09 ou 0.53 de pied au moins. Le niveau du lac a baissé de 0.45 de pied durant la période 1891-1900, de plus que la rivière à l'écluse 14. Ces résultats additionnés portent l'abaissement de la sortié du lac à l'écluse et en amont de l'écluse 14, à 0.98 de pied bien que, en raison de l'augmentation de la quantité de l'eau tombée (1901-1905), l'affaissement réel actuel de la surface du lac n'ait été réduite que de 0.69 d'un pied (1.31—0.62) plus bas qu'entre 1876 et 1900.

Si l'on se reporte au débit de la rivière St-Laurent (page 261 et annexe VI, table 3), le volume moyen entre 1878 et 1890 étant de 260,700 pieds cubes par seconde, mais, de 1891 à 1895 il était descendu à 234.000 pieds cubes—soit un écart de 26,400 pieds cubes par seconde. Comme une baisse d'un pied dans le niveau du lac correspond à une diminution de débit de 25,761 pieds cubes par seconde, le mesurage réel montre une quantité qui correspond à l'abaissement du niveau du lac par un peu plus d'un pied. Comme ce n'était pas dû à une diminution de la quantité d'eau tombée, car dans ces dernières années, la pluviosité a augmenté, cette diminution a été causée évidemment par l'abaissement du chenal qui a réduit permanemment la surface du lac à un niveau moindre. Le niveau du lac durant 1891-1905, était de 1.10 pieds plus bas que dans les années 1876-90 tandis que la baisse déterminée par le débit est évaluée à peu près 1.05 pied, la moyenne de quinze années. L'augmentation de la quantité d'eau tombée durant 1901-'05 paraît avoir contrebalancé cette baisse de 0.69 de pied et l'avoir réduite, de 0.98 à un pied condition qu'on ne peut pas s'attendre à voir durer.

EFFET DE L'ABAISSEMENT DE L'ONTARIO SUR LES LACS PLUS HAUTS.

Les fluctuations annuelles moyennes données dans la table qui accompagne le chapitre XXXI montrent que cet abaissement soudain de l'eau est survenu entre 1890 et 1902 avec les fluctuations subséquentes èquitablement exprimées en prenant la moyenne de plusieurs années. Les changements des vents prédominant durant plusieurs années peuvent donner dans une certaine mesure naissance à ces variations, il en est de même des groupements de différentes années, mais les résultats sont dans le même sens—et montrent un abaissement des sortiés des lacs, bien qu'il soit maintenant partiellement contrebalancé par l'excès actuel de la quantité d'eau tombée.

La hauteur moyenne de l'eau durant 30 années jusqu'à 1890 ne montre pas de changements extraordinaires, tandis qu'immédiatement après il s'est produit un soudain abaissement de tous les lacs sauf le lac Supérieur. La pente entre Toronto et l'écluse 27 n'étant que d'un peu plus d'un pied et en majorité prodiute entre douze milles de l'écluse on peut dire que toute cette distance appartient au niveau du lac. Entre les écluses 27 et 15 les rapides descendant de presque quatre-vingt-neuf pieds jusqu'à l'élargissement du lac St-François. Entre les écluses 15 et 14 dont la dernière est au delà de l'extrémité de ce lac il n'y a qu'une légère chute. Le canal Beauharnois avec l'écluse 14 à sa tête s'étend (en longeant les divers rapides Coteau, Cèdre, Roche Fendue et Cascade) jusqu'au lac St-Louis qui est de quatre-vingts pieds plus bas que le lac St-François. Quelques cours d'eau venant du versant septentrional des Adirondacks se jettent dans le St-Laurent en amont de l'écluse 15. Cependant ici quant aux moyennes on ne constate pas d'effet car on voit que l'abaissement de l'eau est le même qu'à l'écluse 27. Le lac St-Louis reçoit l'Ottawa, rivière considérable et variable qui produit des

fluctuations de dix pieds et plus. Des changements de ce genre augmentent ou réduisent la chute de l'eau sur ces rapides et ce changement devrait théoriquement retarder le débordement au-dessus de l'écluse 14 au moment de la hausse des eaux dans la rivière Ottawa si la quantité n'était pas trop faible pour qu'il en soit tenu compte en raison de la grande déclivité des rapides.

Si l'on s'occupe maintenant aussi des autres lacs, la cause de cette étape basse de l'eau, si prédominante dans les bassins Erié et Huron ne peut pas être attribuée dans une grande mesure à la quantité moindre d'eau tombée durant la totalité de la période, car après quelques années de réduction de la pluviosité (1891-1900) la quantité moindre d'eau tombée dans les cinq années suivantes a augmenté dans toute la région des lacs si bien que la pluviosité était alors plus forte que celle qui prédominait non seulement durant les années d'eau basse mais aussi durant l'eau haute précédant 1891. Et cependant, elle n'a pas ramené les lacs à leur ancien état et avec le prochain cycle de basse pluviosité les réductions de niveau deviendront plus apparentes. Avec la preuve que nous avons devant nous, il ne paraît pas y avoir d'autre explication satisfaisante de cet abaissement des lacs que le rabotage des débouchés qui se manifeste par l'enfoncement subit de l'eau particulièrementt dans une période de deux années (1890-1892). En même temps, le débouché du lac Supérieur n'a pas été réduit considérablement et l'augmentation de la quantité d'eau tombée a relevé son niveau.

La hausse d'à peu près 0.62 de pied dans le lac Ontario durant 1901-05 ne se voit pas dans le lac Ontario, où le changement est de 0.15 de pied seulement tandis que la hauteur du lac Erié est relevée d'un pied, quoique l'augmentation de la quantité d'eau tombée doive avoir influencé le niveau du lac Erié plutôt que celui du Huron.

Cette hausse moindre du lac Erié qui contraste avec celle de tous les autres lacs est certainement attribuable au détournement artificiel des eaux de la rivière (voir chapitre XXI, partie II). On ne peut pas s'attendre à un taux uniforme d'abaissement. Le choc survenant sur les diverses strates affaiblirait leur résistance et les ferait céder à ces époques irrégulières. Si l'on ne peut pas prévoir quand surviendra le future affaissement des débouchés, les forces qui usent et rognent les barrières rocheuses du lac sont toujours actives. Comme on l'a montré, la baisse du lac est de un pied à peu près. En se reportant aux tables de débit on trouve que le débordement moyen de l'Erié donné entre 1860 et 1890 était de 21,800 pieds cubes par seconde deplus que durant 1891-1895. Cela équivaut à 0.95 de pied. Cela inclut la légère hausse causée par l'augmentation de pluviosité des cinq dernières années.

Pour avoir l'enfoncement absolu du lac Huron, il faut ajouter un pied à 0.66 afin d'avoir 166 comme le montant total de l'abaissement survenu pour les lacs Huron-Michigan. La présence de battures est très notoire dans les chenaux sans profondeur parmi les îles.

EFFETS DE L'ABAISSEMENT DES LACS SUR LES CANAUX ET LES PORTS.

Aux environs de 1896 on s'est beaucoup occupé de la formation de bas fonds dans les ports et l'on n'a pas pu alors s'en expliquer la cause. Les dix années terminées en 1900 ont été caractérisées par le bas niveau de l'eau. Depuis cette époque les lacs ont monté en raison de l'augmentation de la pluviosité qui compensait en partie l'abaissement des débouchés. Avec le retour de la diminution normale de pluviosité, l'abaissement des lacs a été plus visible relativement aux havres et aux canaux. L'envasement soudain d'un pied dans les canaux,

même quand ils furent complétés tous à un tirant de quatorze pieds, sera pour l'avenir un des problèmes délicats du genie civil, ainsi que l'élévation du fond des ports dont les effets varient avec les oscillations de la pluviosité.

En plus, de cet envasement des ports et des canaux, viendra l'abaissement futur du lac Erié dû au détournement des eaux pour les besoins de force motrice (*voir* chapitre XXI, partie II).

ALTITUDES CORRIGÉES DES GRANDS LACS.

Comme les débouchés des lacs ont été abaissés depuis 1890 les altitudes moyennes qui devraient être adoptées sont celles entre 1891 et 1905 inclus, ce qui fait:—

	Pieds en dessus du niveau moyen de la mer à New York.
Lac Ontario	245.08
Lac Erié	571.66
Lac Huron	580.09
Lac Supérieur	601.94

(Cette élévation du lac Supérieur est l'élévation moyenne durant 1861-1905).

CHAPITRE XX.

DÉBIT DES RIVIÈRES NIAGARA ET AUTRES ÉGOUTTÉES PAR LE ST-LAURENT.

Notes sur le débit.
Débit moyen quinquennal des rivières Ste. Marie, St. Clair, Niagara et St. Laurent.
Variations de débit de la rivière Niagara.
Variations de débit de la rivière St. Clair.
Variations de débit de la rivière St. Laurent.
Variations de débit de la rivière Ste. Marie.
Proportion du drainage du bassin Erié.

NOTES SUR LE DÉBIT.

Dans les premières investigations sur la rivière Niagara[1], les seuls mesurages disponibles des rivières St-Clair et Niagara qui étaient extrêmement fragmentaires et ceux qui étaient disponibles datent de 1868.[2] On possède maintenant des informations beaucoup plus satisfaisantes car de grandes déterminations ont été opérées pour les différents stages des lacs et publiés dans des rapports pour 1900 à 1905[3], si bien que l'on peut calculer le débit d'un jour quelconque depuis là date où les fluctuations des lacs ont commencé à être enregistrées, il y a une cinquante d'années. Le rapport de 1903 donne les débits pour la rivière Niagara. Les débits annuels et mensuels ont été transcrits dans l'Annexe V du présent rapport.

Bien que les fluctuations des lacs entraînent beaucoup de problèmes qui ont trait à l'histoire des lacs, les débits des lacs Huron et Erié produisent seuls une modification directe du retrait des chutes Niagara.

Les conditions actuelles ont toujours existé. Ainsi, en 1888 on a découvert pour la première fois que le lac Huron ne se jetait pas dans le drainage Niagara avant ces derniers temps;

1 "Duration of Niagara falls," J. W. Spencer, Am. Jour. Sci., Vol. XLVIII., p. 461, 1894.
2 Report of Chief of Engineers in 1869, p. 582.
3 Ib. 1900–'5.

il a donc fallu s'assurer de la différence de volume du débit des rivières St-Clair et Niagara.

Quand on a fait les levés des chutes Niagara de 1875, 1890 et 1905 on a choisi les périodes de débit du tableau suivant pour correspondre aux années des levés exécutes. Par la table, on verra qu'il s'est produit une réduction soudaine de l'eau après 1890. Le débit du Niagara en 1890 était donné comme étant de 228, 974 pieds cubes par secondes, tandis qu'en 1891 la quantité était seulement de 208,908 pieds cubes. L'abaissement de l'eau de la rivière St-Clair a commencé à se manifester en 1889, mais c'est seulement en 1891 qu'elle a atteint le bas niveau actuel.

DÉBIT QUINQUENNAL MOYEN DES RIVIÈRES STE-MARIE, ST-CLAIR, NIAGARA ET ST-LAURENT.

Années	Ste Marie	St. Clair	Niagara	St. Laurent
1860–1865	84,238	215,290	233,182	277,608
1866–1870	83,985	194,773	220,483	260,629
1871–1875	80,531	203,623	214,819	240,694
1860–1875	.....	205,232	223,476	260,767
1876–1880	75,550	208,341	228,644	254,866
1881–1885	74,844	215,865	232,124	261,802
1886–1890	68,299	206,249	226,554	265,193
1876–1890	.....	210,152	229,107	260,621
1891–1895	65,922	173,832	203,832	234,691
1896–1900	80,391	168,891	202,480	222,989
1901–1905	.....	173,665(1)	206,167	244,428
1891–1905	.....	.....	204,167	234,036
1891–1902	.....	171,746	202,185	.....
1860–1892	.....	197,603	219,499	251,930
1860–1890	.....	207,357	225,967	260,694
1860–1905	.....	(2)	218,859(2)	.....

1 pour 1901–02 seulement.

2 Le débit de la rivière Niagara donné dans le rapport de 1904 (p. 4058) est de 215,200 pieds cubes par seconde comme la moyenne de 1860 à 1903 et pour la rivière St. Clair 205,500. Comme on le verra immédiatement l'écart entre ces débits est beaucoup trop petit et n'aurait pas pu être employé pour déterminer les traits physiques relatifs de la rivière Niagara.

Les tables sont une adapation de l'Engineers' Report de 1913, basé sur les mesurages moyens à une coupe découverte

de la rivière Niagara et au pont International à deux milles dans la rivière.

VARIATIONS DE DÉBIT DE LA RIVIÈRE NIAGARA.

Le changement dans le débit pour un pied de fluctuation du lac Erié (pour débit repère) équivaut à 23,205 pieds cubes par seconde. Ceci comprend 1,200 pieds cubes par seconde de débit pour le canal Erié et 1,100 pieds par seconde pour le canal Welland. (Thomas Russell, page 4116, 1894.) L'équation pour variation de la rivière se pose ainsi:—

Débit en pieds par seconde (s-f) équivant à 158,500 + 22,462 (C—570). C'est l'altitude du lac Erié à Cleveland (s.f.) est le chiffre de pieds cubes par seconde.

Dans les tables de débit les volumes des diverses années sont basés sur les fluctuations des lacs. Les déterminations en mètres pour les divers stages on été faites durant quelques unes des années entre 1898 et 1902. On voit donc que les mesurages ont été pris seulement après l'abaissement du débouché du lac, trait qui n'a pas été admis en supputant le débit avant 1891. Cette omission explique le plus grand volume de la rivière de 1860 à 1890 comparé à celui de débit des armeés suivantes qui donne un excédent entre 21,000 et 23,000 pieds cubes par seconde.

Si le chenal Niagara avait été approfondi uniformément d'un pied depuis 1890, un pied aurait dû être enlevé des niveaux des lacs en calculant tous les débits avant l'abaissement du débouché; cela n'a pas été fait, mais dans les tables, les débits sont donnés comme si les débouchés étaient aussi hauts que lorsque les niveaux de lacs avaient été enregistrés avant 1891, bien que les déterminations eau-mètre aient été faites depuis l'abaissement des débouchés. En comparant les débits moyens de 1860 à 1890 à ceux de 1891 à 1905 le volume de la rivière Niagara s'est réduit pour ces deux périodes, de 225,967

à 204,164 pieds cubes par seconde, écart de 21,803 pieds cubes, soit on abaissement de 0.95 de pied à peu près. En transposant le cas avec le lit du chenal comme précédemment, plus haut de un pied, le débit moyen avant et après 1890 serait approximativement le même. Ainsi s'explique l'écart extraordinaire qui demandait une solution, car les variations météorologiques ne suffisaient pas à l'expliquer. En un mot, le débit de la rivière Niagara à l'avenir peut seulement être pris comme de la moyenne depuis 1890 que d'autres déterminations peuvent subséquemment corriger. En conséquence, le volume moyen est compté à 204,000 pieds cubes au lieu de 219,000 pour la totalité de la période de 1860 à 1905. Ceci réduit matériellement l'évaluation de l'énergie des chutes Niagara. Le service des lacs a réduit dernièrement leur évaluation à 215,200 pieds cubes (la méthode suivie n'a pas été publiée), mais nulle part il n'a corrigé l'abaissement des débouchés précités. En appliquant mes corrections, le débit moyen serait encore réduit à 200,000 pieds cubes par seconde.

VARIATIONS DANS LE DÉBIT DE LA RIVIÈRE SAINT-CLAIR.

Un changement de débit dans la rivière St-Clair d'un pied dans la chute du lac Huron donne 19,258 pieds cubes[1] par seconde (page 4120). Bien que la formule du débit soit simple, il a èlé déterminé instrumentalement pour une série restreinte seulement d'élévations, comme dans le cas de la rivière Niagara après l'abaissement du débouché St-Clair. En conséquence, il faut appliquer des corrections analogues aux années qui précèdent 1891. De plus, on comprend peu l'action de la glace sur laquelle des observations ont été faites durant trois hivers seulement, le résultat est donc eneré moins satisfaisant que pour la rivière Niagara.

La table (page 262) donne le débit moyen du lac Huron de 1860 à 1890 et le porte à 207,357 pieds cubes par seconde et

*Report of U. S. Engineers, page 4129, 1904.

celui de 1891 à 1892 à 171,746 pieds cubes. Comme on l'a montré (chapitres XVIII et XIX) le débouché Huron a été abaissé de 0.66 de pied de plus que la surface du lac Erié auquel il faut ajouter un pied. En appliquant cette correction au débit moyen donné avant 1891, le résultat donne 176,957 pieds cubes par seconde de plus que le débit moyen des douze années 1891-1902. Cet excès serait réduit si l'on inclut le débit des trois dernières années et de plus, en tenant compte des imperfections d'observation l'écart des calculs avant 1891 comparé avec les déterminations postérieures est grandement réduit.

Il devient donc apparent que l'écart entre les débits des deux périodes est dû à l'omission faite en étudiant l'ancien lit plus élevé de la rivière St-Clair. L'analyse confirme la conclusion quant au récent abaissement de la sortie du Huron et à la nécessité d'adopter les valeurs de débit depuis 1890, comme types.

VARIATIONS DANS LE DÉBIT DU FLEUVE SAINT-LAURENT.

On a trouvé une formule pour calculer le débit, là en même temps pour les autres rivières. Les mesurages métriques ont été pris en 1900-1902 à la partie la plus étroite de la rivière, en aval de Cardinal (c'est-à-dire en aval de l'écluse 27).

Le débit en pieds cubes par seconde=94683+25761 (niveau du lac Ontario à Oswego—240), ou en d'autres termes, la variation de un pied change le volume de presque 25,761 pieds. Les fluctuations de niveau d'un pied à l'écluse 27 représentent presque 26,787 pieds cubes, dans les mesurages de débit.

VARIATIONS DE DÉBIT DE LA RIVIÈRE ST-MARIE.

La formule des variations de débit du lac Supérieur peut s'appliquer à l'étude des relations relatives de ce lac et du lac

Huron. Le pont à culées qui traverse la Ste-Marie a accru la vélocité mais depuis 1898, la formule est:—

Débit en pieds cubes par seconde=48,235+17,656 niveau du lac Supérieur—600).

PROPORTION DE DRAINAGE DU BASSIN DE L'ÉRIÉ.

L'objet spécial de l'étude du débit du bassin Huron consiste dans la détermination des différences entre le courant de sortie des bassins Huron et Erié. Les tables données dans les rapoprts des Ingénieurs pour 1903 et 1904 varient, quant à la moyenne de débit, d'un petit pourcentage qui, une fois ramené à la différence des débits du bassin Erié rend à l'écart apparent beaucoup plus sérieux qu'il n'est permis. Au sujet de l'Erié seul, M. Russell montre que, du débit du Niagara quand il atteint 222,400 pieds cubes par seconde, 31,100 pieds cubes par seconde devraient venir du bassin Erié si la quantité d'eau tombée dans cette région était proportionnée aux superficies respectives—c'est-à-dire que le débit du Niagara dépasserait la St-Clair de cette quantité. Mais le calcul de la formule de débit donnée dans le rapport de 1903 montre 21,300 pieds cubes par seconde seulement entre les années 1860 et 1892. C'est dix pour cent du débordement total du bassin Erié. Dans le rapport de 1904 ce pourcentage a été de fait tellement réduit que M. Russell dit: "Il faudrait une évaporation très forte et absolument inadmissible par le lac pour donner un écart aussi faible que les observations indiquées (page 4125)." Le plus que l'on puisse faire donc avec les hauteurs d'eau, le débit, la quantité d'eau tombée est de voir quelle valeur raisonnable l'écoulemene de terre et l'évaporation du lac donnerout pour l'écart des rivières Détroit et Niagara. En portant à six dixièmes l'écoulement de terre de l'année et l'évaporation du lac Erié à trois pieds par année, M. Russell trouve que le débit de l'Erié correspondrait à 37,255 p.c., par seconde. En combinant ce résultat avec celui de la rivière

Niagara, on voit qu'il hausserait à lui seul la surface du lac de 1.61 de plus. Il conclut en disant que l'évaporation indique que l'écoulement terrestre l'hiver est probablement de plus de six dixièmes de la quantité d'eau tombée et l'écoulement d'été un peu moindre. Ceci porterait la proportion de débordement du bassin Erié à 16.7 p.c., du débit total de la rivière Niagara. Pour le bassin Huron-Michigan, l'écoulement de la terre est porté à six dixièmes de la quantité d'eau tombée et l'évaporation seule de la surface du lac peut être évaluée à trente-trois pouces pour l'année; tandis que dans la région du lac Supérieur, avec le même écoulement du terrain, l'évaporation de l'eau est de moins de dix-huit pouces.

En étudiant les écarts entre les déterminations météorologiques et celles des compteurs, M. Russell dit: "Le débit repère adopté pour les rivières St-Clair et Détroit est peut-être trop fort et le débit du Niagara trop petit, de beaucoup; 10,000 pieds cubes par seconde au minus" (page 4130). Dans le rapport des Ingénieurs, l'attention est aussi appelée sur le fait que les lectures du gabarit ont été pratiquées durant des années d'eau basse.

Dans ce qui précède beaucoup d'écarts se sont produits entre le débit moyen du bassin Erié et le volume total de la rivière Niagara, en comparant les tables avec d'autres preuves touchant ce sujet; car d'après la table, l'écoulement moyen du bassin Erié paraît être que 10 p.c. du débit total des lacs d'en haut, tandis que les aires de drainage et les phénomènes météorologiques indiquent des proportions beaucoup plus fortes.

En corrigeant les débits, on trouve que l'écoulement du bassin de l'Erié est 15 p.c. du débit total de la rivière Erié.

Cette quantité de 15 p.c. tirée des valeurs de débit est proche de celle qu'on obtient des calculs météorologiques et qui est de 17.7 p.c. (page 231) et de la proportion de l'étendue de drainage qui est de 16 p.c. La valeur de débit est probable-

ment la plus exacte en raison de la variation de la quantité d'eau tombée dans les divers bassins de lacs. Il y aura d'autres causes de variations météorologiques comme la plus forte vélocité du vent dans le bassin de l'Erié que du lac Supérieur, la température plus élevé dans l'Erié que dans les autres bassins ainsi qu'une plus forte évaporation. Finalement, l'adoption de 15 p.c. comme part proportionnelle du débit du Niagara dérivée du bassin Erié peut servir à calculer le retrait variable des chutes Niagara durant la période de changement de volume. Ce problème comporte une des questions les plus complexes du présent ouvrage car l'exactitude approximative des déterminations de l'âge des chutes Niagara dépend de ces investigations.

CHAPITRE XXI.

ENERGIE DU NIAGARA—PREMIÈRE PARTIE.

Variation de débit et contraction actuelle.
Force des chutes en chevaux vapeurs.
Energie disponible en retrait.
Force mécanique nette.
Proportion des chenaux et des Chutes Canadiennes et Américaines.
Privilèges.
Limitations d'usage.
Energie de la rivière Niagara en aval des Chutes.

VARIATION DE DÉBIT ET CONTRACTION ACTUELLE.

La déclivité de la rivière Niagara de la Première Cascade des rapides d'en haut au lac Ontario est de 312 pieds. On peut porter à 100 pieds la surface de la rivière en aval des chutes. L'énergie du Niagara représente le produit de la chute de 212 pieds par le volume variable de débit d'un jour quelconque en particulier.

Débit moyen	Pieds cubes par seconde corrigés	Pieds cubes par seconde
1860–1890	[1]226,000	204,000
1891–1905	204,000	204,000
1860–1905	[1]219,000	204,000
1858 (octobre 7)	314,000	292,000
1862 (pour l'année)	243,000	221,000
1862 (mois de juin)	260,000	238,000
1895 (pour l'année)	187,000	187,000
1902 (mois de février)	175,000	175,000
1902 (février 28)	[2]158,500	†158,500

En réduisant ces chiffres en force de chevaux on trouve les résultats suivants:—

ECHELLE DU POUVOIR EN CHEVAUX DES CHUTES.

Moyenne chevaux-vapeurs brut	H.P.	Corrigée H.P.
1860–1890	5,444,000	4,914,000
1891–1905	4,915,000	4,915,000
1860–1905	5,276,000	4,748,000
1858 (octobre 7)	7,563,000	7,033,000
1862 (pour l'année)	5,854,000	5,326,000
1862 (pour le mois he juin)	6,264,000	5,736,000
1895 (pour l'année)	4,505,000	4,505,000
1902 (mois de février)	4,216,000	4,216,000
1902 (février 28)	[2]3,818,000	3,818,000

1 Ce sont les moyennes empruntées aux tables de débit mais en raison de l'abaissement des débouchés du lac dont il n'est pas tenu compte ici; la moyenne exacte de débit est celle de la période de 1891–1895.

2 Eau à Port Colborne 569.58 seulement au-dessus de la mer.

On peut voir par ces chiffres que le travail du Niagara varie beaucoup.

ÉNERGIE DISPONIBLE EN RETRAIT.

Au point de vue du retrait des chutes la totalité de cette force en chevaux, grande ou petite, entre en jeu. La plus grande force de la rivière est à son sommet. Cette condition existe depuis quelque temps car notre levé actuel a trouvé que le chenal le plus profond est tout près d'en dessous des chutes américaines et près de la tablette de l'île Goat. Les sondages et le débit actuel sur les chutes montrent donc que la force en jeu n'est pas divisée également.

Il est raisonnable seulement de supposer que l'œuvre principale d'excavation s'est opérée durant les périodes d'eau haute quand les formations rocheuses étaient le plus ébranlées La réduction moderne apparente dans le débit de la rivière a été expliquée, mais le taux ralenti du retrait des chutes au cours des quinze dernières années à moins de la moitié de la quantité annuelle totale durant les quarante-huit années précédentes (page 44) n'est pas due à la réduction du débit. Ce retrait plus lent qui s'opère actuellement est beaucoup attribuable à un changement de structure rocheuse parce que les chutes traversent maintenant l'ancienne vallée Falls-Chippawa au lieu de suivre son cours (page 176).

La courte étude qui précède de l'œuvre des chutes Niagara montre simplement le retrait naturel de la grande cataracte, mais il se présente maintenant des conditions artificielles qui ne feront que l'accentuer.

FORCE EN CHEVAUX MÉCANIQUES NETTE.

Le changement d'un pied dans la hauteur du lac Erié augmente ou diminue le débit de 23,205 pieds cubes par seconde, ce qui équivaut à 569,000 chevaux-vapeur. Quand on arrive à la question de l'application artificielle de l'énergie, si l'eau

doit être prise de la rivière en aval de la première cascade, la force utilisable est beaucoup moindre que si elle est prise en amont. Sur la moyenne de toutes les compagnies, la quantité disponible sera réduite de 30 à 35 p.c.,[1] en raison de la perte dehauteur dans les tunnels de détournement et au fond des puits, etc. Ceci réduira la force disponible par pied de chute dans le lac à 400,000 au plus. Quand l'eau est prise à une grande distance en aval de la tête des rapides, quarante ou cinquante pieds plus bas, la quantité disponible sera encore réduite. En conséquence l'énergie hydraulique moyenne des chutes si elle était détournée entièrement pour des objets artificiels tomberait à 3,000,000 c.v., et le débit d'eau basse à 2,600,000. Sur la base de 7 p.c. la force disponible des chutes américaines est 350,000 aux stages moyens ou presque 250,000 pour l'eau basse.

La conservation des chutes Niagara est maintenant une question ouverte entre les deux pays. Quand des privilèges de force hydraulique sont donnés, ils sont accordés par quantité sans s'occuper du stage de la rivière. En d'autres termes, ils tirent l'eau en se basant sur le débit minimum. Ainsi, quand le volume moyen était réduit au stage de 1902, il était à peu près 30,000 pieds cubes par seconde moindre que le débit moyen annuel. Ceci mer l'abaissement de la rivière en amont des rapides à deux pieds plus bas que le stage moyen.

PROPORTION DU VOLUME DES CHENAUX ET CHUTES CANADIENNES ET AMÉRICAINES.

La profondeur moyenne de l'eau des chutes américaines ne dépasse pas 1.5 pied, bien que quelques chenaux soient plus profonds. Ces chutes, y compris l'île Luna ont une largeur de presque mille pieds. La barrière dont la hauteur

1 Hauteurs de chute d'eau des compagnies: Canadian Niagara, 136. Electrical Development, 136. Ontario Power Company, 180. Niagara Falls Power Company, New York, 136. Niagara Falls Hydraulic Company, 210. Canal de Chicago, 32 pieds. *Voir* rapport du Parc Reine Victoria, chutes Niagara par James Wilson 1905, p. 7. Ces chiffres montrent la grande perte de chute de force en transmettant l'eau par des tunnels.

règle le débit est située près de la tête de l'île Goat où la rivière est réduite à une largeur de 340 pieds à peu près. La première cascade entre l'île Goat et le côté canadien forme un rebord de presque 3,400 pieds tandis que la rivière cascade sur les bancs de roche qui règlent le débit des chutes canadiennes. En conséquence, la largeur du chenal américain n'est que neuf pour cent du tout. Comme il est dit au Chapitre V, il y a un banc presque horizontal de calcaire s'étendant en travers de la rivière qui est couvert en beaucoup d'endroits par une nappe seulement très mince d'eau, comme dans la moitié orientale. Ainsi, sur 400 pieds à partir de l'île Goat durant la periode d'eau déjà abaissée, la nappe d'eau a une profondeur moyenne de moins d'un pied. Ensuite, audelà, sur une certaine distance à partir d'en amont de l'extrême île Sister la profondeur de l'eau paraît être de deux à trois pieds puis descend de six à sept pieds. Cela continue durant quelques centaines de pieds après quoi le banc de roche est recouvert d'une mince nappe d'eau s'etendent presque jusqu'à plus de la moitié de la rivière. Puis vient la partie creuse du Niagara allant jusque près de la rive canadienne où j'ai évalué la profondeur d'après la valeur du débit à une moyenne de 8 à neuf pieds, bien que M. Wilson ne la croie pas aussi forte que cela. A la Première Cascade du chenal américain, la profondeur moyenne dépasse à peine trois pieds, et comme elle est beaucoup moindre que la section plus profonde du chenal canadien, le volume du débit est considérablement réduit au-dessous de neuf pour cent, peut-être jusqu'à six pour cent bien que cela puisse aller ensuite à huit pour cent. A sept pour cent, le volume est à peu près de 14,000 pieds cubes par seconde. De fait, la faible profondeur à la tête de l'île Goat a été visible durant les basses eaux de 1904, où, par suite du recul de la rivière, dû au vent, un vaste espace de roche à éte mis à nu en amont des îles Sister. Kalm cite que quatre sauvages ont passé à gué à l'île Goat du côté de New-York.

Les planches XIIA et XXXIA et B donnent une idée de la nature de ces rapides.

De l'île Goat à la ligne frontière Internationale, sur la Première Cascade, il y a une distance de treizecents pieds à peu près là où se trouve le bas-fond décrit. De cette ligne au côté canadien il y a deux mille deux cents pieds comprenant la portion la plus profonde de la rivière où l'eau n'a pas même trois fois moins de profondeur que celle de l'est. En conséquence il n'y a pas du côté est de la frontière plus de 13 p.c., du débit. Ceci avec, disons, sept pour cent du chenal américain, donnerait 20 p.c., du volume de la rivière du côté New-York et 80 p.c., du côté canadien. Un mille en amont, les sondages donnent une bonne coupe transversale de chaque côté de la ligne frontière et par la formule Chézy, on trouve que 75 p.c., de l'eau coule du côté canadien, tandis qu'à la Première Cascade, en raison de la position de la ligne et de la moindre profondeur de l'eau il passe une quantité moindre du côté oriental.

Au bord des chutes américaines mêmes, le volume de la cascade donné plus haut est à peu près de sept pour cent, tandis que le courant d'eau sur le bout extrême de la tablette de l'île Goat, d'une largeur de moins de 300 pieds est si minime qu'il n'y a pas lieu d'en tenir compte. En amont de cette extrémité toute la grande cataracte est en territoire canadien.

PRIVILÈGES.

La question des privilèges se présente maintenant. Il en a été accordé du côté canadien de la rivière à:—

	Pieds cubes par seconde	H.P.
Canadian-Niagara Power Company	8,600	100,000
Ontario Power Company	11,700	180,000
Electrical Development Company	10,750	125,000
Electrical Railway Company	400	
	31,450	
Du côté américain:		
Niagara Falls Hydraulic Company	10,000	100,000
Niagara Falls Power Company	17,200	200,000
	27,200	

Chicago Drainage canal	10,000
Welland canal (y compris Hamilton Cataract Company)	1,100
Erie canal	1,200
	12,300
Total	70,950

Sur ces privilèges de détournement, les deux compagnies du côté New-York et la compagnie d'Ontario, du côté canadien, prennent leur eau de la Première Cascade ou d'amont et par conséquent influencent la rivière commune aux deux pays. Les prises d'eau des compagnies Canadian Niagara et Electric Development proviennent de la partie la plus profonde de la rivière, beaucoup plus bas que la première cascade et elles n'emploieront pas l'eau de la portion moins creuse de la rivière près de l'île Goat. Elles ne la baisseront pas non plus d'une façon sensible dans le bassin en amont de la première cascade ou du lac Erié. Quant à la question seule d'énergie en aval de la première cascade presque toute l'eau qui descend les chutes canadiennes appartient au Canada.

C'est le détournement de l'eau d'en amont du bord de la première cascade qui réduira encore les chutes Niagara. La crête a déjà été rognée de 415 pieds du côté occidental par suite des barrages artificiels (*Voir* pages 281-2).

En plus de cela, il y a une dizaine d'autres privilèges, en majorité anciens, dont quelques-uns ont été annulés. Plusieurs sont pour des quantités illimités, si bien que la totalité du volume de la rivière aurait pu être donnée en cadeau, mais aucune construction n'est encore commencée.

A l'époque où nous écrivons (hiver 1906) le canal de drainage de Chicago prend 5,000 pieds cubes par seconde; les compagnies canadiennes, 3,000; les compagnies de New-York, 9,000 pieds cubes; en tout 17,000 pieds en plus des canaux Welland et Erié. Ceci équivaut à un abaissement de l'eau dans le lac Erié de trois quarts de pied. Ces chiffres comprennent une large déperdition par conversion et il faut les comparer avec le débit au moment des basses eaux. En laissant de côté le débor-

dement journalier minimum qui s'est produit dans ces dernières années, mais en adoptant le volume moyen de février 1902, qui était de 175,000 pieds cubes par seconde, les privilèges qui précèdent, y compris les canaux, représentent 40 p.c. du débit total aux eaux basses.

LIMITATION D'USAGE.

Depuis ce qui précède le rapport de la Commission des Eaux Limitrophes a paru. Cette commission recommande de limiter la force du côté canadien à 36,000 pieds cubes par seconde et du côté New-York à 18,500 pieds cubes par seconde; en plus de quoi il y a le débit de 10,000 pieds cubes pour le canal de Chicago, en tout 64,500 pieds cubes, y compris le canal Welland et le canal Erié ou presque 37,000 du débit aux basses eaux. Cette quantité abaissera la rivière et influera sur les chutes un peu moins seulement que le détournement du volume de privilège déjà cité. De plus, cela dérangera sérieusement la navigation des lacs inférieurs comme cela sera expliqué au chapitre suivant.

ÉNERGIE DU NIAGARA EN AVAL DES CHUTES.

La question de l'énergie du Niagara ne cesse pas là. La même quantité d'eau descend une autre centaine de pieds à peu près avant d'atteindre l'embouchure de la gorge. Il y a là cinquante pour cent à peu près de l'énergie des chutes Niagara elles-mêmes. On a proposé divers procédés pour l'utiliser, par exemple un tunnel, du côté canadien adjacent aux rapides Whirlpool où il y a une déclivité de 51.5 pieds. Du côté de New-York il a été proposé de construire à côté des rapides un mur de retenue qui pourrait atteindre une hauteur de cinquante pieds et alors entailler la pente naturelle du flanc du cañon, de façon à construire un canal entre le mur de retenue et le flanc de la gorge rendu perpendiculaire. Sur la levée passerait le

chemin de fer de la Gorge tandis que l'usine motrice serait située sur les roches au débouché du Whirlpool.

Aux Foster flats, on dispose d'une chute de vingt pieds. Finalement, la dernière proposition est de barrer la rivière à une hauteur de 100 pieds et obtenir ainsi immédiatement un million et quart de chevaux-vapeur disponibles. Cela inonderait les Foster flats, noierait le Whirlpool, submergerait les rapides Whirlpool et formerait un grand bief. Cette proposition ne tient aucun compte des diverses considérations de destruction de tous ces incidents topographiques ni des questions internationales. Les difficultés de génie civil qui consistent à s'opposer à une force de 3,000,000 de chevaux, capable de se heurter aux travaux en aucun temps durant une grande inondation paraissent insurmontables, ainsi que la nécessité pour le barrage atteindre 180 pieds endessous de la surface de la rivière.

Dans ce chapitre j'ai exposé l'énergie de la rivière comme agent naturel et j'ai fait remarquer sa puissance pour fournir de la force motrice. On a avancé une autre proposition de détourner la rivière principale dans le chenal New-York et de sauver les chutes américaines. C'est une proposition insidieues pour obtenir plus d'eau, en fait plus du tiers de l'énergie totale disponible de la rivière.

Avant de faire ces investigations, je ne me doutais pas de l'ampleur de ces changements qui peut causer l'emploi d'énergie projeté. C'est seulement l'application des mesurages aux chutes qui m'a fait comprendre les effets du détournement. Ils seront montrés au chapitre XXI, Partie Deuxième.

Le résultat de l'abaissement de la rivière dans le bassin en amont des rapides d'en haut de l'équivalent de trois quarts de pied dans le lac Huron peut se voir à la planche VII photographiée un jour où le niveau du lac était exactement à la moyenne des cinq dernières années; mais après l'abaissement de l'eau sur les rapides, d'une quantité visible.

PLANCHE XXXI. A.

Vue de l'extrémité est de la Première cascade à l'île Goat et de la roche pelée à l'île Sister.

PLANCHE XXXI. B.

Vue de la Première cascade en amont de l'extrémité des îles Sister. Cette bordure détermine la distribution de l'écoulement de la rivière.

CHAPITRE XXI, DEUXIÈME PARTIE.

RÉTRÉCISSMENT DES CHUTES ET ABAISSEMENT DES LACS PAR DÉTOURNEMENT POUR ÉNERGIE.

Effets sur les chutes Niagara de l'emploi d'énergie.

Abaissement des lacs et canaux par l'emploi d'énergie aux chutes.

EFFETS SUR LES CHUTES NIAGARA DE L'EMPLOI D'ÉNERGIE.

Une baisse de un pied dans le niveau du lac Erié réduit le débit de 23,000 pieds cubes par seconde. Cette quantité divisée en allocation de privilège d'à peu près 70,000 pieds cubes par seconde représente l'équivalent d'un abaissement de trois pieds si l'eau était prise du lac même. Pour chaque pied de baisse la sortie d'eau diminue si bien que la quantité du privilège représenterait un abaissement du lac par un facteur déterminé. Le débouché du lac Erié, au pont International est réduit d'une largeur de 1,850 pieds, à une largeur moyenne de 1,850 pieds et une profondeur moyenne de 22.5 avec une aire sectionnelle de 42,000 pieds carrés. Comme la majeure partie de l'eau sera retirée d'aval, l'effet sur le lac sera une augment ation de vélocité jusqu'à ce que l'équilibre se rétablisse par l'abaissement du lac. Cette question sera étudiée immédiatement après celle-ci.

En aval de l'île Grand, les deux bras de la rivière se rejoignent et forment un bassin qui juste en aval de l'entrée du creek à Chippawa mesure 5,050 pieds de largeur avec des sondages si bien que l'aire de la section peutêtre déterminée. Elle est de 83,000 pieds carrés. La profondeur moyenne est de seize pieds.

Le débit est celui du lac Erié avec seulement une petite augmentation provenant des creeks à Chippawa et Tonawanda.

Il a fallu de quinze à vingt minutes à des flotteurs pour parcourir la distance depuis la ligne de sondages où l'aire est mesurée jusqu'à la première cascade à la fin de laquelle est située l'avant-baie de l'Ontario Power Company (*Voir* planche XXXI A) ce qui montre le peu de déclivité de la rivière. A partir de ce bassin, ou en amont les privilèges d'énergie permettent le captage de 41,200 pieds cubes par seconde, ce qui représente 20 p.c. du débit moyen ou 25 p.c. de l'écoulement aux basses eaux. En conséquence la proportion de détournement représente un abaissement non modifié de ce bassin qui va jusqu'à 4 pieds pour le stage des eaux basses ou de 3.2 pieds pour l'eau moyenne. Il faut ajouter à cela 10,000 pieds pour le canal Chicago, ce qui fait un total de 51,200 pieds cubes ou 25 p.c. pour l'eau moyenne et 30 p.c. pour l'eau basse. Ce détournement total à la première cascade ou en amont serait modifiée d'une quantité indéterminable par le confinement de la rivière à un chenal étroit après que le bord moins profond aurait été en majeure partie drainé. Si la restriction projetée est mise à exécution, il faudra déduire des 64,500 pieds cubes, les privilèges canadiens de 19,750 pieds cubes pris à des endroits en aval de la première cascade, ce qui laissera 461,750 pieds à capter en amont. Cela porterait l'abaissement théorique du bassin, sans correction, à plus de 35 pieds pour l'eau moyenne uniforme ou plus de quatre pieds pour les basses eaux.

Le captage de l'eau derrière le bord de la première cataracte produit le même effet que le creusement du débouché. Il augmente la vélocité de la rivière en amont, ce qui, pour un temps, réduit la quantité d'affaissement du bassin jusqu'à ce que le niveau de l'Erié se soit ajusté aux conditions nouvelles. Même maintenant le bord de la première cascade, sur des centaines de pieds de l'île Goat est couvert seulement d'un demi-pied à un pied et demi d'eau. Ces observations ont été faites après qu'il y eut un détournement considérable de la rivière et un jour où le lac était à son niveau quinquennal

moyen. Si l'eau plus profonde actuellement sur le bord était enlevée, il y aurait en arrière un abaissement de la surface dû au détournement par des orifices artificiels; tandis que, s'il y a moins d'eau sur le bord, le débit serait détourné dans un chenal plus étroit et plus profond ce qui ralentirait le courant du bassin. Il n'y a rien qui puisse me faire prévoir que l'abaissement sera moindre de trois pieds pour l'eau moyenne et plus fort pour l'eau basse (*Voir* page 287).

Le détournement au bord du bassin a atteint un pied. Ceci a abaissé l'eau sur la tablette de l'île Goat (comme le montre la planche XVIII A) prise quand il y avait autrefois moins de blocs, jusqu'au delà de la ligne frontière Internationale à la cataracte et aussi près de la promenade de l'île Goat (*Voir* planche II). En même temps, le détournement met à nu le bas-fond de la rivière en amont de l'extrémité supérieure de l'île Goat et auprès des îles Sister. L'effet sur les chutes s'accentue aussi, avec l'abaissement de prés de deux pieds la ligne de crête de l'île Goat sera asséchée autour du coin de la tablette jusqu'à une distance de 800 pieds à peu près (*Voir* planche II et VII), ce qui entaille cette magnifique nappe des chutes. Ce sera la première partie des chutes Niagara qui disparaîtra car la partie de l'eau la moins creuse est sur le bord d'amont.

Le prochain retrécissement sera dans les chutes américaines qui seront réduites, d'une nappe d'une largeur d'un millier de pieds de quelques ruisseaux étroits descendant les chenaux plus profonds suivant la direction donnée par le bord en amont des rapides.

En même temps, les chutes principales verront la profondeur d'eau réduite de deux ou trois pieds. Ce changement provient du détournement de l'eau en amont du bord de la première cascade; tandis que celle de cinquante pieds en aval de la première cascade influencera à peine le débit au bord supérieur. Après la perte de 20 à 25 p.c. de l'eau en amont

du bord, l'énergie prise en aval détournera un huitième à peu près du reste du débit, pour le stage moyen du chenal plus profond. Cela abaissera encore l'eau en cet endroit de moins d'un pied. L'abaissement de la rivière en amont des chutes dans ce chenal plus profond peut rétrécir la largeur du côté canadien de 200 pieds de plus car 415 pieds dejà ont été enlevés par suite de la construction de la levée artificielle. Comme il est dit à la page précédente le retrécissement qui s'opère du côté ouest des chutes atteindra à 800 pieds.

Les chutes Niagara ont atteint le suprême de leur magnificence en 1900 où le périmètre des chutes canadiennes était de 2,950 pieds et des chutes américaines de 1,000 pieds. Le tout est maintenant réduit par les empiètements à 3,500 pieds à peu près. Si l'on employait la totalité des privilèges la largeur entière des chutes serait réduite à 1,500 à 1,600 pieds et elles seraient entièrement en territoire canadien sauf de petits ruisseaux descendant l'ancien lit de la rivière sur la tablette de l'île Goat, la route actuelle du chenal américain et les chutes. Mais durant les eaux exceptionnellement hautes on peut avoir encore une bonne idée de l'ancienne grandeur des chutes.

ABAISSEMENT DES LACS ET DES CANAUX PAR DÉTOURNEMENT DE L'ÉNERGIE A LA RIVIÈRE NIAGARA.

A première vue on semble se figurer que le détournement de l'eau du Niagara n'aura pas d'influence sur les lacs plus hauts. Si l'eau était entièrement prise en aval de la première cascade ou cascade Greens, cinquante pieds presque en descendant les rapides, l'effet sur le haut de la rivière serait inappréciable.

Mais la majeure partie de l'eau soumise aux privilèges doit être prise d'en amont du bord qui forme la barrière du bassin des rapides d'en haut.

Vue de l'extrémité occidentale des chutes canadiennes, avant le rétrécissement de 415 pieds.

A la partie étroite du débouché du lac Erié, au pont International, la profondeur moyenne est de vingt-deux pieds et demi mais la partie la plus profonde du chenal atteint cinquante trois pieds. A 1.25 mille en amont les lits rocheux se voient à dix-sept à vingt-quatre pieds. Beaucoup de parties de la rivière en aval ont trente pieds de profondeur à un endroit juste endessus du bassin cité qui est presque à quatorze pieds endessous du niveau du lac Erié. Les barres de sable de la rivière sont mobiles et déposées par une légère diminution du courant, ces mêmes barres seraient enlevées par une augmentation égale de vélocité. Ainsi, si la vélocité double, la force de transport augmente soixante-quatre fois. Ceci démontre que les barres sont instables comme la rivière dont tout le cours peut être considéré comme ayant trente à cinquante-trois pieds de profondeur. Comme la profondeur sur la majeure partie du rebord peut être évaluée à moins de trois pieds, et comme probablement la plus grande profondeur du chenal ne dépasse pas en moyenne huit à neuf pieds, le plancher de la rivière partout jusque près du lac Erié est virtuellement à un plan aussi bas que le lit du chenal en travers du rebord.

En conséquence, ce n'est pas entièrement le lit de la rivière qui donne la pente, mais c'est en grande partie le resserrement au débouché étroit du lac par lequel la surface de la rivière est là empilée et coule avec un courant plus rapide.

A Fort-Erié il y a, à cinq ou huit pieds plus haut, une large terrasse, la rivière allant jusqu'à une haute berge. A l'extrémité supérieure, elle surmonte des roches, autrefois un plancher, traversait la rivière. Au caisson de l'aqueduc de Buffalo, la profondeur de la rivière est de 17 pieds. Mais immédiatement en amont et en aval, il y a un grand chenal de vingt-quatre pieds au moins si bien que la partie plus profonde du chenal de dix-sept pieds peut tre maintenant comblée par de l'argile. La vélocité de la rivière atteint là vingt-huit milles à l'heure bien que la largeur soit de 1,850 pieds à peu près. Comme le

chenal plus profond mesure environ 1,000 pieds de la largeur avec sa limitation par une largeur de vingt pieds au moins, je trouve là le débouché original du drainage de l'Erié, si bien que tout le chenal moins douze pieds de profondeur n'a été que récemment inondé (*Voir* chapitre XXVII) par le dernier accroissement de débit de la rivière. Au moment de l'augmentation de volume, la rivière inondait le plancher rocheux de Fort-Erié à une profondeur d'une douzaine de pieds, depuis lors, le lac s'est abaissé d'une douzaine de pieds par le raclage de la barrière argileuse et rocheuse durant la partie récente de l'histoire de la rivière.

On voit donc facilement que si la pente de la rivière augmente, sa vélocité, à la sortié qui est maintenant de cinq à huit milles à l'heure doit avoir augmenté également et que l'accélération principale due à l'abaissement du bassin en amont des rapides d'en haut sera concentrée au débouché étroit du lac. Au bassin d'en haut, la vélocité est inférieure à deux milles à l'heure, mais la largeur est deux fois et demie celle de la sortié du lac.

Un changement d'un pied dans le niveau du lac Erié élèvera ou abaissera le lac Erié de 0.727 d'un pied; une hausse d'un pied dans le lac Erié causera un recul d'eau de 0.346 d'un pied au lac Huron. La distance est de soixante milles et la baisse de la rivière, de huit pieds et demi. A Niagara, j'ai déterminé les fluctuations du bassin d'après les niveaux de Port-Day et je trouve que le changement d'un pied dans le lac Erié produit une fluctuation de 0.45 d'un pied dans le bassin d'en haut cinq heures à peu près plus tard. La distance est de dix-neuf milles avec une baisse de presque quatorze pieds. Dans ces conditions on comprend facilement qu'une baisse de l'eau dans le bassin en amont des rapides d'en haut doit beaucoup augmenter la vélocité du débouché du lac Erié. Le résultat du retrait de l'eau derrière la première cascade comme on l'a déjà montré (page 280) a été d'abaisser l'eau dans le bassin.

Comme on tire de l'eau, il y a compensation par l'accroissement de vélocité de l'eau en amont. Tant que l'eau coule sur le bord couvert d'une couche mince, le détournement artificiel d'arrière aura le même effet que si le chenal s'était creusé. Aussitôt qu'il se rétrécit en aval de la partie plus haute dans le chenal plus étroit plus profond un nouvel élement entre en jeu et le résultat ressemble à un simple changement de débouché. Mais cela ne peut pas arriver avant que le niveau ait beaucoup baissé des stages ordinaires de l'eau. S'il n'y avait pas de resserrement du chenal, la plus forte baisse ne dépasserait pas la quantité signalée (page 281).

Avec la baisse graduelle du bassin, une différence d'un pied dans la pente de la rivière augmenterait la vélocité de la sortie du lac Erié d'à peu près trois pour cent, ce qui, dans le cours d'une année et demie, abaisserait le lac Erié de presque un pied[1] et causerait ensuite, l'effet indiqué. Si certains agents qui n'ont pas encore été mesurés peuvent retarder un peu la vélocité et accroître le temps, l'effet final peut être le même. Après cela l'équilibre se retablirait à un niveau plus bas du lac. Puis arrive la baisse d'un pied, puis d'un autre, si bien que je ne puis pas juger même dans cette étude préliminaire en combien de temps cela se produira au plus à partir du moment de l'emploi complet du privilège d'énergie. Le lac Erié ne sera pas abaissé de moins de trois pieds par la pré dominance des basses eaux—si l'on ne tient pas compte de l'effet de lacontinuation d'approfondissement du débouché du lac qui peut se répéter en tout temps. Cette dernière assertion fait naître un problême nouveau. La tendance de la rivière est toujours de racler et d'abaisser d'un pied, le lit du débouché du lac, comme cela est arrivé réellement, immédiatement après 1890. Maintenant avec l'accroissement de vélocité causé par la pente de la rivière augmentée de

1 La formule Chézy: est $V = c \sqrt{R. S.}$ où V représente la velocité, c le bassin constant de la rivière à déterminer (qui dans une grande rivière ne diffère pas beaucoup pour de petits changements; R. le rayon ou profondeur; S, la pente ou chute.

quatorze à dix-sept pieds le creusage du débouché doit être accéléré à la section du pont et sur le bord plus rocheux à la ville de Fort-Erié. On ne peut pas nettement donner la quantité totale, mais elle fait naître un problème sérieux, au pointe de vue économique et que qui ne peut être éludé ni omis. Avec l'abaissement du lac Erié, les mêmes effets se produiront et les lacs Huron et Michigan s'abaisseront à leur tour, un peu plus tard.

Voilà pour la physique de la rivière comment la question se présente à mon esprit. Mais le détournement de l'eau n'a-t-il pas déjà produit un effet appréciable?

Les cinq milles pieds cubes enlevés par le canal de Chicago ont eu l'effet d'abaisser les lacs Michigan et Huron de 0.26 de pied ou plus de trois pouces. Le volume du canal de Chicago augmenté de dix mille pieds cubes par seconde doublera cette quantité ou abaissera le lac Huron d'à peu près six pouces.

Ce détournement par Chicago de cinq milles pieds cubes influence le niveau du lac Erié de 0.22 de pied[1] et le lac Ontario de 0.19 de pied, ce qui, dans chaque cas se doublerait par l'augmentation du débit du canal de Chicago. Une augmentation marquée dans la quantité d'eau tombée s'est produite depuis 1900 comparativement à la chute de pluie moyenne dans les dix années se terminant cette année.

En examinant les tables des fluctuations de niveau et de pluviosité et en tenant compte des effets du canal de Chicago sur les différents bassins, je trouve, d'après les deux résultats que le lac Erié aurait dû monter de 0.46 de pied plus qu'il l'a fait réellement si on le compare avec le lac Ontario[2] et le lac Huron. Quelle est la cause de l'absence de cette hausse du

1 Les ingénieurs des Etats-Unis portent cela à 0.19 de pied.

2 On trouve ainsi ce chiffre: avec l'accroissement de la pluie tombée, le lac Ontario s'est élevé de 0.62 pied, et il faut y ajouter 0.19 de l'effet du canal de Chicago, ou 0.81. Comme on trouve que l'abaissement des lacs Erié et Ontario a été à peu près égal, Erié doit s'être corollairement élevé de 0.62 de pied pour l'augmentation de pluie et 0.22 pour le détournement du canal de Chicago, ou 0.84. Ce dernier 0.22 et la hausse réellement constatée de 0.15 est tout ce qui peut être expliqué, et laisse 0.47 pied comme la quantité d'abaissement du lac Erié par le détournement de l'eau aux chutes Niagara d'en amont de la Première cascade. D'après les changements dans la quantité d'eau tombée, on a trouvé que le résultat est 0.45.

bassin Erié où non-seulement la pluie a plus augmenté que la quantité de la période antérieure mais a été plus forte que dans les autres bassins. Il ne peut y avoir qu'une seule explication, savoir: que l'excédent a été détourné par l'emploi d'énergie en amont du bord des rapides d'en haut durant les cinq années s'achevant en 1905, en plus de la moyenne prise dans les dix années antérieures d'eau basse. En ajoutant à cela l'effet du canal de drainage de Chicago, la baisse que le lac avait subie par suite du détournement artificiel s'élève à 0.08 de pied en hauteur ou huit puces à peu près. A la fin de 1905, le détournement total d'eau équivalait à neuf pouces près à la baisse du lac Erié voilà donc la preuve directe que le détournement de l'eau a baissé le lac Erié de plus de 8 pouces tandis qu'un quart seulement de l'énergie autorisée par les privilèges est employée. Mais un observateur superficiel ne constaterait pas ce changement par suite de l'augmentation de pluie tombée qui empêche le niveau actuel du lac Erié de descendre plus bas que celui des années antérieures. Si le détournement n'avait pas eu lieu dans le lac Ontario et le lac Huron, le lac Erié aurait monté de 0.68 d'un pied (0.46 à Niagara et 0.22 à Chicago).

Bien qu'il soit plus difficile de reconnaître les petites fluctuations que les grandes, tout doit être pris sur un laps considérable de temps car une journée ni même une année ne peuvent suffire: cependant cette démonstration de l'effet sur le lac Erié des changements causés par le détournement d'énergie confirme l'évaluation faite de leurs effets sur ce lac. Un abaissement des lacs les plus hauts (Huron et Michigan) devra aussi se produire quand les changements du bassin Erié seront accomplis. Cette baisse du lac Erié durant les idées de stage moyen de l'eau et plus encore durant les périodes de baisse ordinaire aurait sur les canaux et les ports des effet sérieux auxquels il faut s'attendre.

CHAPITRE XXII.

CHANGEMENTS DANS LES NIVEAUX DU LAC ONTARIO INDIQUÉS DANS LA PLAGE IROQUOIS.

Premières observations relatives à la plage Iroquois.
Caractéristiques de la plage Iroquois.
Redressement du terrain consigné par la plage Iroquois.
Plage plus basse et augmentation de la déclivité du Niagara.
Changements soudains de niveau.

PREMIÈRES OBSERVATIONS RELATIVES À LA PLAGE IROQUOIS.

Le chapitre XV mentionne les stages plus élevés de l'eau à l'embouchure de la gorge Niagara dénotés dans les plages maintenant soulevées. La mieux développée et la plus soigneusement étudiée est la plage Iroquois et son importance ne réside pas seulement dans sa hauteur au Niagara, mais dans son redressement actuel en avançant au nord-ouest, redressement tel qu'il devient un des types de l'ancien mouvement terrestre.

D'étroits monticules de gravier traversent une plaine argileuse à d'autres points de vue, allant dans les directions plus ou moins parallèles à la rive du lac et étaient employés comme sentiers par les sauvages. Ils furent adoptés par les premiers colons du pays comme routes principales et constituent ce qu'on appelle les routes d'Arêtes (*Ridge Roads.*) Il y en a également dans le voisinage de tous les lacs. Ceux au sud du lac Ontario, de Lewiston sur la rivière Niagara à Rochester ont été décrits dès 1811 par DeWitt Clinton[1]. La nature de ces routes ressemble tellement aux plages actuelles des lacs que beaucoup des premiers auteurs leur ont attribué la même origine. Mais elles ne sont pas horizontales.

En discutant les dérangement de niveau des routes entre Rochester et Lewiston avec le professeur Desor en 1851[2],

1 Journal of the New York Historical Soc. p. 68, 1811.
2 Proc. Boston Soc. Nat. Hist., Vol. III., p. 358, 1851.

le professeur Stoddard dit: "L'inégalité d'élévation de différentes routes d'arêtes n'est pas incompatible avec la théorie qu'elles ont été une plage, si on suppose qu'elles ont été soulevées à cette position. L'élévation d'un terrain si considérable à une hauteur de 500 à 600 pieds (repère inexact au niveau de la mer), pourrait difficilement s'être produit sans avoir causé des inégalités en des endroits différents aussi considérables qu'on en trouve et qui vont à trente et quarante pieds." C'est la première fois que l'auteur constate, exprimée nettement, l'idée que la déformation du terrain est consignée dans les plages soulevées. M. (maintenant Sir Sandford) Fleming a décrit en 1859 un fragment de la plage à l'ouest de Toronto[1]. En 1863[2] le professeur Robert Bell reliait la plage Davenport près de Toronto à celle de Lewiston donnant ainsi l'idée d'un soulèvement de terrain plus grand dans le voisinage de Toronto que dans celui de la rivière Niagara. Les détails de cette même plage en passant par Hamilton et ailleurs à la tête du lac Ontario ont été décrits dans la Géologie du Canada et plus tard par moi-même en 1882[3].

A l'extrémité orientale du lac Ontario, M. William Dewey, en 1836[4] se proposait de localiser le chemin de fer de Rome à Waterton, mais a trouvé que cette plage s'élevait trop rapidement. Ainsi, l'atmosphère était pleine de l'idée de soulèvement différentiel de cette ancienne ligne de rivage. En 1842 le professeur Hall a reconnu que la plage avait une hauteur inégale mais ne donnait pas de prépondérance à cette déformation. En 1885 M. G. K. Gilbert[5] a fait de plus amples explorations, de la rivière Niagara à North Adams, au sud de Watertown où il a terminé la plage et a donné des mesurages en plusieurs endroits. En 1887, j'ai continué l'exploration de la plage, de

1 Canadian Journal (Toronto, 1866).

2 Géologie du Canada 1863.

3 Geology of the Region about the Western end of Lake Ontario, J. W. Spencer. Canadian Naturalist, Vol. X., 1882.

4 Cité par Dr Hough dans History of Jefferson, Co., N. Y.

5 Science, Vol.'VI., p. 222, 1885.

North Adams à Prospect Farm, quatre milles audelà de Watertown[1]. Dans cette année, j'ai subséquemment fait d'autres levés des dépôts du delta, du côté nord des Adirondacks et en ai relié la longueur d'une chaîne comme le plan de cette plage. En 1887, j'ai exécuté le levé autour du côté canadien du lac jusque près de Brockville à 150 milles à peu près de la tête du lac. Dans cette région, il contourne un éperon de terres hautes dans la vallée de Trent. D'autres levés ont été faits en 1888, 1893 et 1895.

Mon étude sur la plage Iroquois a été lue la première fois devant la Philosophical Society, de Washington, D.C., en 1888 (*voir* Science, volume XI, page 49), mais la première carte de la plage et son extension des deux côtés du lac a été publiée dans les Transactions of the Royal Society of Canada, volume XII., pages 121, 134, 1889. L'étude a été plus tard revisée dans le American Journal of Science de 1890[2]. J'ai appelé cette plage "Iroquois" après en avoir conféré avec le Dr Gilbert qui avait fait le levé du côté New-York du lac.

D'après le levé autour du lac, avec une détermination de hauteurs en différents endroits, les miennes étant mesurées avec des instruments, j'ai déterminé la quantité du soulèvement (citée par Stoddard) ainsi que la direction. Ces déterminations ne pouvaient être fixées qu'après que la plage aurait été mesurée des deux côtés du lac et auraient fourni le moyen de déterminer les lignes d'égal soulèvement. D'autres détails avec les sinuosités locales et un prolongement dans la vallée de Trent audelà du levé que j'ai publie, ont été complétés par le professeur A. P. Coleman[3] pour le côté canadien. Les détails locaux du côté New-York ont fait l'objet de levés supplémentaires par le professeur H. L. Fairchilds dont la carte marque quelques-unes des petites arêtes séparées à

1 "The Iroquois beach, a chapter in the Geological History of Lake Ontario," Trans. Royal Soc. Can., Vol. VII., Sec. IV. pp. 121–134, 1889. Abstract in Science, Vol. XI., p. 49, 1888.

2 "Déformation of Iroquois beach" Am. Journ. Sci. III, Vol. XL., pp. 443–451.

3 "Iroquois beach in Ontario," by A. P. Coleman, Rapport du Bureau des Mines d'Ontario, pp. 225-244, 1894.

l'extrémité orientale du lac. C'est le professeur Fairchilds qui a donné le plus de détails sur ces plages et sur d'autres, ainsi que le professeur Coleman, du côté canadien.

CARACTÉRISTIQUES DE LA PLAGE IROQUOIS.

A l'extrémité occidentale du lac, les caractéristiques de cette plage se voient dans une arête de sable et de gravier, large d'environ 300 à 500 pieds, s'élevant à quinze ou vingt pieds et même plus au-dessus de la plaine inclinée en avant qui devient plus argileuse en s'écartant de l'arête de sable. En avant des grandes anciennes vallées, de grandes barrières se sont élevées comme Burlington Heights à Hamilton (*Voir* Figure 35) et

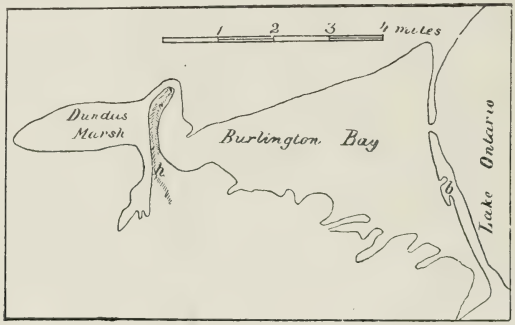


Fig. 25.—Carte du fond du lac Ontario, montrant une plage lacustre moderne et la plage Iroquois soulevée, connue sur les lieux sous le nom de Burlington Heights.

l'arête Davenport à l'ouest de Toronto. Une caractéristique commune est l'existence de dépressions sans profondeur qui formaient autrefois des lagunes en arrière des barrières. On trouve que la plage Iroquois est entaillée dans des matières de transport fournissant les galets qui ont été usés par les vagues du lac Iroquois. En certains endroits comme à l'ouest de la rivière Niagara, la quantité de matière à faire du gravier étant restreinte au lieu ou les vagues empiétent sur la rive rocheuse, il ne s'est produit que des terrasses taillées. Dans son prolongement occidental on peut voir la plage quelquefois comme constituée de trois petites plages séparées

ayant une ampleur de vingt à vingt-cinq pieds. En passant à l'est, ce trait des petites arêtes avec plus d'ampleur s'accentue des côtés canadien et new-yorkais du lac. Dans un travail récent[1] le professeur Fairchilds avait marqué cinq ou six de ces sous-arêtes à l'extrémité orientale du lac; mais il y a aussi des lignes de rivage plus basses.

Après avoir élaboré le caractère vallée du bassin Ontario, j'ai pu expliquer[2] la barrière du lac dans la région du St-Laurent jusqu'à ce que le redressement suffisant du terrain après l'époque Iroquois ait servi à expliquer l'obstruction du bassin[3]. Cela m'a permis de compléterla mode l'explication de l'origine du bassin du lac Ontario.[4] (*Voir* planche XXXIII).

La plage Iroquois sert beaucoup plus pour montrer que durant longtemps l'eau était beaucoup plus haute qu'elle ne l'est maintenant au débouché de la gorge Niagara. La déformation de la plage montre aussi la quantité de gauchissement de la croûte terrestre dans la région depuis que les eaux atteignaient cette hauteur.

REDRESSEMENT DU TERRAIN CONSIGNÉ PAR LA PLAGE IROQUOIS.

Au fond du lac Ontario la plage Iroquois est à 116 pieds au-dessus du lac; à la rivière Niagara, 137 pieds (Spencer); à Rochester, 189 pieds; à Canastota, sud-est du lac Ontario, 194 pieds; et à Adams Centre, 140 pieds (Gilbert); à Prospect Farm quatre milles à l'est de Wintertown, 483 pieds (Spencer), sur l'origine des grands lacs.

Les deltas qui sont considérés comme montrant l'interruption du prolongement du plan de cette même rive au nord des Adirondacks ont une hauteur de 582 pieds au Pont Naturel; près de East Pitcairn, 695 pieds; et à Fine 725 pieds. Du

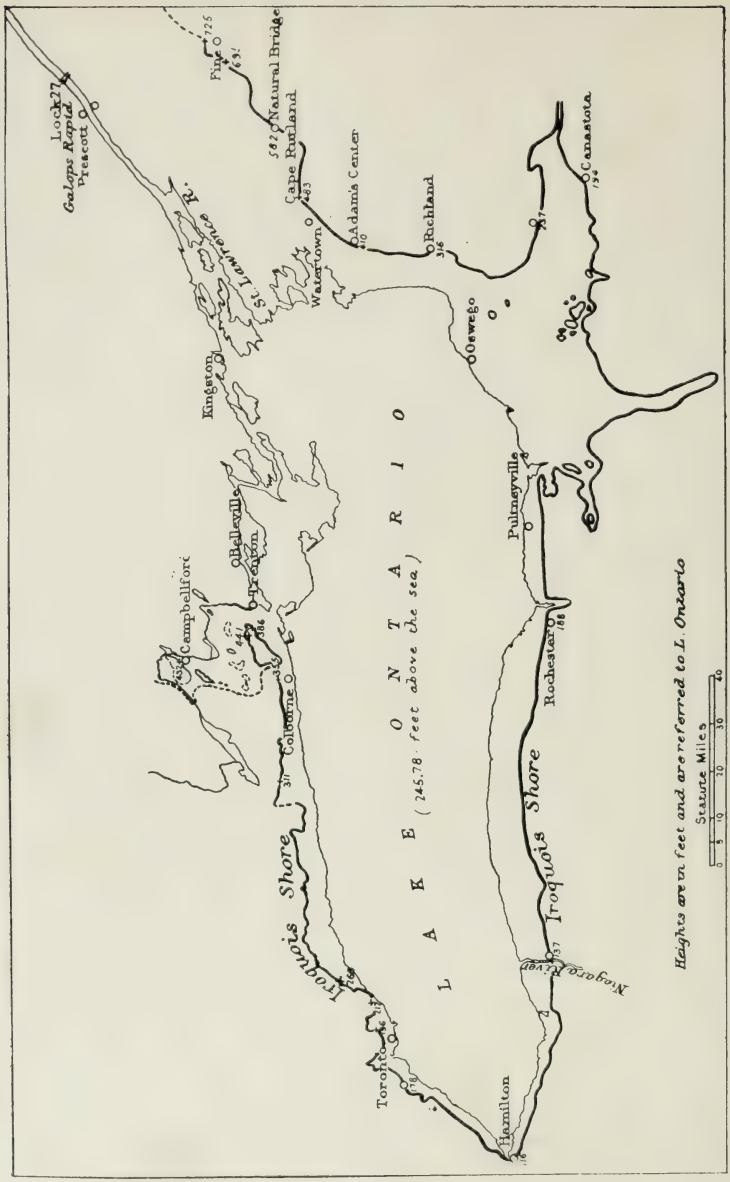
1 Pléistocene Geology of New York, 20th Rept. State Geologist, p. 107 et seq., 1902.

2 Discovery of Pre-glacial Outlet of Erie basin into that of Lake Ontario. Avec notes sur l'Origine des Grands Lacs. Proc. Am. Phil. Soc. XIX., pp. 300–337, 1881. Aussi Proc. Amer. Ass. Adv. Sci., Vol. XXX, pp. 131–146, 1881.

3 Transactions Royal Society, Canada, loc. cit.

4 Origin of Basins of Great Lakes. J. W. Spencer, Quar. Journ. Geol. Soc., Vol. XLVI., pp. 523–533, 1890. Aussi Am. Geologist, 1890.

PLANCHE XXXIII.



Carte de la plage Iroquois, d'après la carte de J. W. Spencer, observations de G. K. Gilbert (Trans. Royal Society, Canada, Vol. VII, partie IV, p. 123, 1889 avec additions subséquentes de A. P. Coleman, du côté nord du lac et de H. L. Fairchilds, du côté sud (Loc. cit.).

côté nord du lac, la plage monte de Hamilton, avec 116 pieds (Spencer) au nord de la station de Carlton côté du ouest de Toronto à 178 pieds[1] (Coleman). Au chemin de Kingston, douze milles à l'est de Toronto, elle atteint 212 pieds (Spencer): au nord de Port Hope, 311 pieds (Coleman); au nord de Colborne, 355 pieds; et à deux milles et demi au nord de Trenton la plage atteint maintenant 386 pieds (Spencer).

La terrasse supérieure à 436 pieds avec une ligne de rivage de façade en dessus, représente peut-être la terrasse Bell au sud du lac Ontario, qui a une hauteur de quarante pieds au moins au-dessus de la plaine Iroquois. Le professeur Coleman a reconnu là une barre inférieure à 374 pieds et signalé le fin du pavage de cailloux en arrière de la terrasse à 339 pieds. J'ai considéré la série du caillou au sommet de la plage de gravier (quarante-sept pieds) comme la dimension de la plage Iroquois, qui plus près du fond du lac a souvent en face d'elle le pavage de cailloux; mais la portée est là de vingt à vingt-cinq pieds seulement.

La récente publication sur le prolongement du rivage Iroquois dans la vallée de Trent est due au professeur Coleman qui trouve qu'à Campbellford et près de la jonction Madoc, la plage supérieure a une hauteur de 475 pieds. Il reconnnaît aussi le moindre redressement dans les plages inférieures. Dans cette région, la déformation de la ligne inférieure de rivage est de quatre pieds au plus par mille, tandis que dans la plage supérieure elle est de cinq pieds par mille. Par ces mesurages, on trouve que la plage à l'extrémité occidentale du lac Ontario s'élève de deux milles à peu près dans une direction N. 25° E. (corrigé.) C'est le triangle qui influe sur le district Niagara. Le soulèvement augmente, de telle façon qu'à l'extrémité nord-est du lac Ontario Centre-Trenton, Richland et Prospect Farm, New-York, le taux moyen est de cinq pieds par mille N. 16° E. Ce redressement calculé pour Kingston

1 "The Iroquois Beach in Ontario," Prof. A. P. Coleman. Rap. du Bureau des Mines d' Ontario, pp. 225-244, 1904.

au débouché du lac indique que le soulèvement de la région du lac depuis le fond du lac est de 400 pieds et, s'il est calculé jusqu'aux premiers rapides du St-Laurent (rapides Galops) soixante-six milles droit au delà, le soulèvement se monterait à 65° pieds en tout (*voir* chapitre XXIV). Dans la région de Watertown le soulèvement est un peu plus fort, si bien que la quantité totale de soulèvement différentiel peut être portée à 750 pieds.

Ces mesurages montrent un redressement de terrain remarquable à une date très récente, car cette ancienne ligne de rivage était horizontale quand elle s'est formée, il y a de nombreuses années, après la naissance des chutes Niagara. Il faut se souvenir que cette ligne de plage était au niveau de l'eau quand la barrière actuelle du lac Ontario, aux rapides Galops, a été réduite à 500 pieds au moins endessous du niveau de la mer et le lac a été abaissé de sa propre élévation actuelle de 246 pieds. Mais si la région continentale avait été assez haute, la rivière Niagara aurait même pu descendre même à ce qui est maintenant la partie la plus profonde du plancher du bassin du lac Ontario. Dans l'un et l'autre cas, il s'est pas surprenant de trouver le profond chenal de la rivière Niagara excavé après le retrait des eaux Ontario, subséquemment à la période Iroquois avec le recul postérieur du lac à son niveau actuel.

Si l'on fait entrer en ligne de comparaison le plan Iroquois du bassin Ontario avec celui de la plage Forest du bassin Erié, on trouve que le soulèvement, de son point minimum à l'est de Sheridan, New-York, est de 240 pieds. En conséquence ceci prouve que le plan Iroquois a été au moins aussi proche du niveau de la mer que l'est maintenant son point le plus bas. Les plages plus élevées des lacs d'en haut indiquent même un plan plus bas que celui qui est cité, peut-être même, que le niveau actuel de la mer. Si toute la grande région des lacs était plus haute, les élévations des plages restent comme elles sont indiquées. Mais, ce n'est pas ici l'intention de discuter la question

de l'oscillation de la croûte terrestre depuis le commencement de la période de formation des plages, mais seulement, d'énoncer les faits qui ont une portée sur les changements qui influent sur la rivière Niagara.

PLAGES PLUS BASSES ET AUGMENTATION DE DÉCLIVITÉ DU NIAGARA.

Il a été cité que la plage Iroquois était caractérisée par de petites plages allant dans les vingt-cinq pieds à l'extrémité occidentale du lac. A l'extrémité nord-est, des deux côtés, la chaine des petites plages est beaucoup plus forte. Ce sont des plages inférieures. A Watertown, il y en a une de 288 pieds au-dessus du lac, qui descend dans le voisinage d'Oswego, presque au niveau de la mer (Gilbert). Elle passe sous l'eau au fond du lac et j'ai considéré que sa position est ce qui a déterminé la formation de la plage Burlington actuelle (figure 25), à l'extrémité du lac Ontario, quand le lac était là plus bas de presque soixante-dix-huit pieds. Cette plage augmente de hauteur à partir du fond du lac à mesure que l'eau s'est élevée graduellement au niveau actuel en recomblant le chenal et a noyé le chenal Niagara plus profond. La partie externe du delta noyé de la rivière Niagara doit sa position à la même hauteur d'eau.

L'abaissement du lac a diminué la déclivité de la rivière, depuis la ligne de rivage Iroquois jusqu'au chenal le plus profond du Niagara, bien en dessous du niveau actuel, ce qui a amené l'augmentation de hauteur des chutes, bien que ces dernières aient été abaissées de nouveau.

CHANGEMENT SUBIT DE NIVEAU.

On signale d'autres plages auprès du débouché de la rivière Niagara. Chacune marque une période d'arret dans l'abaissement du niveau. Primitivement, j'avais considéré l'affaissement des lacs comme étant regulier depuis des siécles, si bien

qu'on pouvait par moment prendre une moyenne générale. Cette idée d'uniformité générale a dû être abandonnée. Les changements arrivent presque par sauts avec des pauses intermittentes; de longues époques de stabilité; puis des changements rapides, jusqu'à la ligne de l'eau suivante soit établie, mais avec plus d'amplitude de mouvement dans la direction nord-est que la direction sud-ouest.

Cette déformation ne résultait pas du captage de l'eau qui avait abandonné les plages horizontales, mais était due au soulèvement inégal du terrain par suite de quelque mouvement terrestre interne.

CHAPITRE XXIII.

EFFETS DES RIVES REDRESSÉES DU LAC WARREN SUR LE DISTRICT DE NIAGARA.

Notes sur l'étude du lac Warren.
Elévation de la plage Forest.
Redressement de terrain à l'extrémité orientale du lac Erié.
Elévation du plan de Forest au-dessus de l'Iroquois.
Gauchissement après un long retrait des chutes Niagara.

NOTES SUR L'ÉTUDE DU LAC WARREN.

Durant le début de l'époque glaciaire avant celle de la plage Iroquois, tous les lacs supérieurs étaient plus ou moins unis en une seule nappe d'eau que j'ai appelée le lac ou l'eau Warren, d'après feu le général G. K. Warren qui avait décrit le premier le lac Winnipeg retréci dans la vallée de la rivière Rouge, lac qui, en justice devrait porter son nom.[1] Les rives de l'eau Warren ont été étudiées d'abord par moi-même du côté canadien ainsi que du côté du Michigan et, depuis cela, M. F. B. Taylor s'est beaucoup occupé de ce sujet.[2]

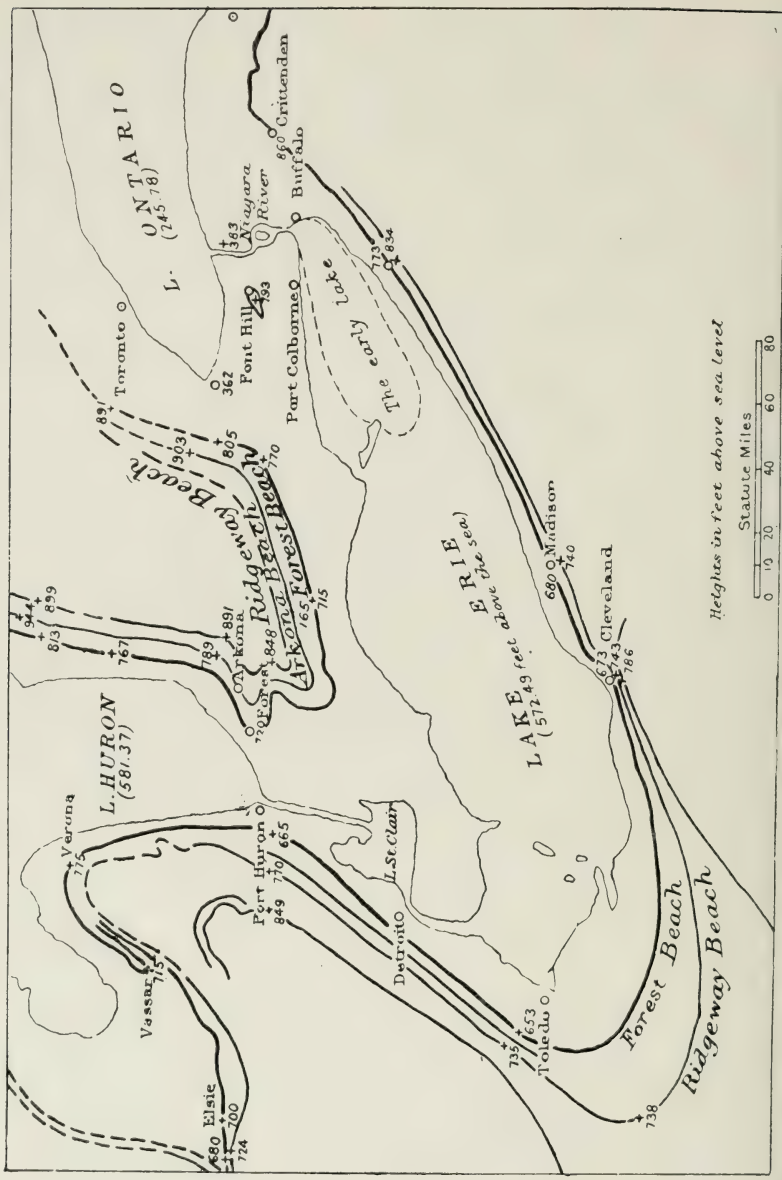
Des travaux antérieurs ont été exécutés sur des fragments de cette rive dans le Michigan et l'Ohio car les traits de plages sont reconnus depuis longtemps. Mais ils n'étaient pas reliés dans le plan d'une rive de lac reconnaissable des deux côtés du lac avant l'apparition de mon travail.

Les routes d'arêtes auprès du lac Erié étaient d'anciens traits reconnus comme ceux de l'Etat de New-York. En 1885, M. G. K. Gilbert a mesuré la déformation de quelques-unes

1 "The Iroquois beach; a chapter in the Geological History of Lake Ontario," par J. W Spencer. Trans. Roy. Soc. Canada, Vol. VII, Sec. IV, p. 122, 1889. Extrait anticipé dans Science 1888. Bien que le Gen. Warren ait décrit l'extension du lac Winnipeg, et le chenal quile relie au Mississipi Supérieur, le Dr. Warren Upham l'a nommé lac Glaciaire Agassiz et le Prof. J. D. Dana et moi avons protesté contre cette appellation parce que l'honneur de la découverte revenait au Gen. Warren, tandis que le Prof. Agassiz n'y avait rien eu à faire. C'était suivant une règle arbitraire "que les découvertes ne devraient pas recevoir le nom d'auteurs vivant" que certaines personnes essaient à tort d'etablir. Cependant, le nom de Warren attaché aux Grands Lacs est une revanche.

2 "The Second Lake Algonquin" par T. B. Taylor et Am. Geol. Vol. XV., 1895 et autres travaux.

PLANCHE XXXIV.



Carte de la plage Forest après le démembrement de l'eau Warren (L hauteur donnée pour les lacs se rapporte au niveau moyen de 1860–1905).

des plages à l'extrémité orientale du lac Erié.[1] Il a subi les plus basses jusqu'à Crittenden, New-York, mais il n'a pas donné ce nom à la plage. Plus tard j'ai prolongé cette plage jusque près de Batavia, et là encore, le professeur Fairchilds a repris le sujet et dressé la carte de l'ancien rivage jusqu'à trente-cinq milles audelà.[2] Il a trouvé qu'elle existe jusqu'à la vallée de Genesee et des équivalents fragmentaires jusqu'au fond du lac Seneca.

La déformation ou redressement des lignes de rivage a une portée considerable sur l'état physique de la rivière Niagara. Quand le lac existait, la nappe d'eau s'étendait du lac Huron, haut sur le lac Erié, dans le bassin Ontario. Il y avait des stages antérieurs du lac où il formait des plages plus élevées, mais la plus importante de ces auges, sinon la plus forte, était la dernière de la série. Après le levé du côté canadien et sur les raccordements des deux côtés du lac, j'ai nommé la ligne de rivage inférieure de l'eau Warren, la plage Forest parce qu'elle n'avait pas encore été élaborée. (*Voir* carte planche XXXIV.)

ALTITUDE DE LA PLAGE FOREST.

Au sud est du lac Huron elle est fortement marquée près de Forest et son point inférieur est à 715 pieds au-dessus de la mer. J'ai fait le levé de la plage vers l'est et parallèlement au lac Erié, jusqu'au méridien de l'extrémité occidentale du lac Erié où elle a une altitude de 770 pieds. Elle tourne au nord-est et s'élève encore plus rapidement. Elle croise fréquemment les éperons des arêtes de transport. La péninsule Niagara est trop basse pour l'existence de cette plage, sauf en un point. Sur douze à quatorze milles à l'ouest de la rivière Niagara il y a la colline Font, une arête extraordinaire de transport qui atteint plus de trois cents pieds au-dessus du lac Erié, surgissant d'une plaine qui n'a que trente

1 Science, Vol. VI., p. 222, 1885.

2 Lake Warren Shore-lines in West N.Y., by H. L. Fairchilds. Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. VIII, pp. 269-286, 1897.

à quarante pieds au-dessus du lac. Autour de cette colline, il y a une terrasse fortement taillée avec un plancher de gravier fin, à une altitude de 793 pieds au-dessus du niveau de la mer (mesureé). Au nord de Forest j'ai fait le relevé de l'ancienne ligne de rivage jusqu'à la base de la péninsule Indienne où elle s'incurve vers l'est. Dans cette direction, elle n'a pas de portée spéciale sur les chutes Niagara.

Du côté de New-York, cette plage a 680 pieds de hauteur (bar.) à Madison qui est quarante milles à l'est de Cleveland. L'altitude est là de 678 pieds (bar.). La plage continue à s'élever vers l'est, si bien que à Sheridan (New-York) son altitude est de 773 pieds (Gilbert) et à Crittenden, 860 pieds. au delà, elle s'élève jusqu'aux chutes Indiennes et descend encore légèrement quand son allure est vers le sud-ouest, comme l'a établi le professeur Fairchilds. A l'ouest de Cleveland, le redressement est réduit à une très faible quantité car, au delà de Toledo, sa hauteur est de 653 pieds. . Elle remonte très lentement à l'ouest de la rivière Saint-Clair et en appochant de la latitude de Port-Huron, sa hauteur est de 665 pieds (Spencer).

Mais là se voit un fort équivalent oriental dans le soulèvement, car près de Forest, vingt-cinq milles de l'autre côté de l'ancien détroit, son altitude est de 715 pieds au-dessus du niveau de la mer. A partir de cet endroit, l'ancienne ligne de rivage se prolonge au nord-est, comme le montre la carte XXXIV.

On peut redire un mot à l'égard du levé des plages. Là où elles forment des barres ou arêtes avec des dépressions en arrière, j'ai adopté la plus haute ligne d'action des vagues, qui peut être à trois ou cinq pieds au-dessus de la surface de l'eau. Cette méthode a été suivie parce que la crête est le trait le plus constant. D'un autre côté, quand les vagues entaillaient les terrasses, le point déterminable le plus exact à la jonction de la plaine et de la falaise en arrière aurait été

en dessous du niveau de l'eau. Il en est de même quand la plage est représentée par des plaines de sable. En conséquence quand la ligne de rivage change de nature il est à propos d'etablir une équation personnelle Il en était ainsi du côté ouest du détroit du Huron, le mesurage étant bas tandis que du côté est où l'arête est nettement marquée, il était légèrement au-dessus de l'eau.[1]

REDRESSEMENT DE LA TERRE À L'EXTRÉMITÉ EST DU LAC ÉRIÉ.

La plage Forest présente cette particulière importance se rapportant au Canada, en ce qu'elle dénote que les mouvements terrestres dans la partie occidentale du lac Erié ont été très petites, tandis que le soulèvement du terrain à l'extrémité orientale était considérable. Entre Madison, Font Hill, (Pépinières de Brown) et Sheridan, le soulèvement moyen dans ce grand triangle est presque d'un mille dans la direction N. 45° E. Si le triangle le plus à l'est entre Font Fill, Sheridan et Crittenden était choisi et cela embrasse le débouché de l'Erié, le soulèvement moyen est d'un pied et demi par mille dans la direction N. 60° E. Comme on l'a déjà dit (page 298) la déformation de l'extrémité occidentale du lac Ontario est de deux pieds par mille N. 25° E., comme consigneé dans le gauchissement de la plage Iroquois. Les plages plus élevées montrent des mouvements légèrement plus forts.

D'après ces mesurages sur la plage Forest, on trouve qu'il s'est produit un soulèvement dans le district de Niagara de 115 pieds plus considérable qu'au sud-ouest à Madison. Avec la déformation redressée, le lac Erié est réduit à un petit lac (*Voir* page 310).

Cet ancien redressement du district Niagara ferait supposer la continuation du mouvement si bien qu'on songerait que la rivière Niagara s'élèverait à un point plus élevé qui enverrait

1 High level shores in the region of the Great lakes, and their Deformation, par J. W Spencer. Am. Jour. Sci., Vol. XLI., pp. 201-211, 1891.

ses eaux dans le Mississipi. Mais d'après le présent levé, on trouve que la stabilité prévaut maintenant dans la région (*Voir* chapitre XXX), sans aucune modification de la direction que le retour des mouvements peut prendre.

ÉLÉVATION DU PLAN DE FOREST AU-DESSUS DE L'IROQUOIS.

Dans les mouvements de la terre qui se sont produits, la direction est nord-est, mais il y a des variations locales car le soulèvement augmente toujours vers le nord-est; si bien qu'en adoptant des triangles différents pour la détermination du soulèvement moyen dans chacun, on trouvera la variation. En combinant la déformation consignée dans la plage Forest, à l'extrémité orientale du lac Erié avec le soulèvement moyen dans le triangle occidental du lac Ontario, une détermination exacte montre que le plan de la plage Forest était de 400 à 500 pieds au-dessus de la plage Iroquois, mais il se peut (*Voir* chapitre XXX) que la déformation des deux plans soit survenue à la même époque après la baisse du lac Ontario au-dessous du niveau Iroquois.

GAUCHISSEMENT APRÈS UN LONG RETRAIT DES CHUTES NIAGARA.

La déformation du plan Forest ne s'est pas produite en quantité quelconque avant le moment où le plan Iroquois du lac Ontario, s'est gauché, par conséquent le gauchissement qui influe sur le district Niagara n'est pas survenu avant que les chutes Niagara fussent très vieilles (*Voir* chapitre XXX).

CHAPITRE XXIV.

SÉPARATION DE L'ERIÉ ET DU HURON AU DÉMEMBREMENT DU LAC WARREN.—RÉTRÉCISSEMENT DU LAC ERIÉ.

Demembrement du lac Warren.
Séparation des drainages Huron et Erié.
Découverte originale du détournement du drainage Huron.
Rétrécissement du lac Erié.

DÉMEMBREMENT DU LAC WARREN.

Dans le dernier chapitre diverses lignes de rivage s'étendant auprès des lacs d'en Haut ont été citées pour montrer que l'eau libre allait du lac Huron au bassin Ontario. A mesure que les eaux s'abaissaient les plages successives faisant leur apparition—le rivage Forest a été le dernier et le plus bas, allant du bassin du Huron au bassin de drainage Ontario. Mais à la fin, les eaux se sont retirées de même cette plage la plus basse, au-dessous du niveau de la lisière actuelle de terre plus élevée entre le lac Huron et le lac Erié, le résultat immédiat étant la formation des trois lacs, l'un incluant plus ou moins des bassins Huron, Michigan et Supérieur, un petit lac Erié et le lac Ontario a substantiellement à la même hauteur que l'Erié rétréci. J'ai nommé lac Algonquin les trois lacs d'en haut réunis. Mon levé de la plage Algonquin a montré qu'il était séparé de l'Erié et a prouvé que les eaux de ce lac d'en haut avaient un débouché au nord-est au lieu du débouché méridional actuel dans la rivière St-Clair. En ce qui concerne les chutes Niagara, il a établi le fait que durant de longues années elles recevaient seulement les eaux de l'Erié et encore leur volume était-il peu considérable.

DÉCOUVERTE ORIGINALE DU DÉTOURNEMENT DU DRAINAGE HURON.

La première information de ce détournement a été donnée par l'auteur de ce travail à la réunion de Cleveland de l'Association Américaine pour l'avancement des Sciences en 1888 avec un court résumé des délibérations de cette année.[1]

Ce résumé de mon levé (qui venait d'être exécuté) sur les lignes de rivage soulevées, allant sur des centaines de milles depuis le débouché du lac Huron, et suivant ses méandres au nord-est, constituait le *caveat* de ma découverte que la rivière Niagara recevait seulement de suis une époque récente, le drainage des lacs d'en haut et en raison du fait de son importance pour établir la priorité de ma découverte, il est reproduit dans l'Annexe VII. Là paraît l'énoncé suivant: "Le lac Warren s'est démembré et Huron, Michigan et Supérieur ont formé un seul lac, le bassin Erié est sorti du lit du lac Warren et s'est egoutté . . . le débouché du lac d'en Haut était au sud-est de la baie Georgienne . . . avec la continuation du soulèvement au nord-est . . . les eaux ont reculé au sud-est et ont débordé dans le bassin Erié, ce qui a créé le débouché Erié des lacs d'en haut qui est de date récente. Ceci est prouvé par le fait que la plage qui marquait l'ancien plan de surface du Grand lac d'en Haut descend jusqu'au niveau actuel de l'eau à l'extrémité méridionale du lac Huron. Le bassin Erié est sans profondeur et au démembrement du lac Warren a été drainé par la rivière Niagara nouvellement construite, (sauf peut-être un petit lac au sud de Long point). Subséquemment, le gauchissement au nord-est a pu soulever une barrière rocheuse . . . ce qui fait de l'Erié le plus jeune des lacs (pages 188-9).

Cette énonciation de la découverte appela immédiatement l'attention de M. G. K. Gilbert[2] avec lequel j'ai discuté

1 Proc. Am. Ass. Ad. Sci., Vol. XXXVII., pp. 197–8–9, 1888.
2 6th Rept. Commis. State Res. Niag., p. 71–73, for 1890.

librement la question plus en détail, en mentionment les positions et les hauteurs de la plage Algonquin en divers endroits. Sur cette donnée, en avance de mon travail et de mes cartes de détail, il a présenté l'année suivante un essai dont mes découvertes récentes formaient le trait principal. Faisant allusion au détournement du drainage Huron, de la rivière Niagara, il commence ainsi: "Pour expliquer les effets du régime initial des pentes de terrain sur la distribution de l'eau dans la région des Grands Lacs j'ai préparé la carte de la planche 4. Dans l'ancien régime du drainage, la baie Georgienne au lieu d'être une dépendance du lac Huron est elle-même le lac principal qui reçoit le l'excédent de l'Huron. Les lacs Supérieur, Michigan, Huron et Georgien constituent par eux-mêmes un régime lacustre, indépendant d'Erié et d'Ontario et le chenal de la rivière Détroit est à sec. Le lac Erié et le lac Ontario tous deux de dimension beaucoup plus réduite constituent une autre chaîne mais leur chaînon de raccordement, la riviere Niagara est un cours d'eau relativement petit."

Même dans cet énoncé complet, il ne fait mention d'aucune donnée pour son hypothèse du détournement du drainage Huron, du lac Erié mais, plus loin, il dit que j'ai affirmé qu'il y existe un autre débouché (Trent) pour le bassin Huron "démontrant que durant l'existence de ce débouché, la rivière Détroit s'est elle aussi asséchée". Ainsi cette citation subséquente (avec le mot "also") apparaît comme hypothèse collatérale et non comme une donnée originale, ce qu'elle était, l'idée du détournement du drainage Huron et du petit lac Erié. Cette manière de présenter la découverte principale de l'ancien détournement des eaux de Huron. la plus importante de beaucoup qui ait été faite au sujet de la rivière Niagara, ne peut pas manquer de laisser l'impression que cette découverte était de lui, spécialement en raison de ce qu'il n'a pas manqué fréquemment d'y faire allusion sans même citer le nom de l'auteur. De plus, pour sa planche 5, qui montre le débouché Trent, il avait mes

propres mesurages inédits son énoncé de fait; mais la citation de mon propre résumé établit la priorité de la découverte.

La grande importance du détournement du drainage Huron repose dans le fait qu'il a énormement augmenté la longivité des chutes Niagara que l'on ne suspectait pas encore. Il enlève aussi la possibilité de l'accroissement du volume de la rivière par suite de la fonte d'une nappe de glace sur les hauteurs canadiennes, comme le Dr Gilbert l'avait d'abord supposé.

On a trouvé aussi d'autres plages nécessitant un débouché inférieur à celui de la vallée de Trent. Ce débouché est fourni par la tranchée du Nipissing. Les Indiens suivaient cet ancien débouché du lac Huron comme une grande artère par laquelle ils menaient les explorateurs français qui venaient de la rivière Ottawa, ils passaient la basse ligne de partage qui n'a que trois milles pour atteindre le lac Nipissing, puis descendaient la rivière aux Français pour arriver au lac Huron. De fait, dès 1615, Champlain suivait cette route, revenant avec les Hurons, par le surplus Algonquin, passant le lac Simcoe et le lac Balsam et descendant la rivière Trent. Bien que le débouché Nipissing fût théoriquement cité par le Dr Gilbert après ma découverte du détournement nord-est du drainage Huron partant du bassin Erié, le professeur G. F. Wright[1] a été le premier à observer des traces nettes de lignes de rivage, qui s'y rapportent, bien que des explorations précoces du Dr R. Bell y indiquassent l'existence de plages. Elles ont été davantage explorées par M. F. B. Taylor qui a plus complètement établi par observation directe le débouché Nipissing[2] Quant à l'endroit où j'ai trouvé que les chutes avaient reculé avant l'addition du drainage Huron (*voir* page 205).

---

1 Bull. Geol. Soc. Am., Vol. V., pp. 620–6, 1894.

2 Bull. Geol. Soc., Vol. IV., pp. 423–5, 1893.

RETRÉCISSEMENT DU LAC ÉRIÉ.

Avant le démembrement du lac Warren une barrière existait entre le lac Huron et le fond du lac Erié. Comme le terrain n'était pas encore redressé vers les nord-est, l'extrémité orientale du bassin du lac Erié était beaucoup plus basse si bien que le débouché actuel à Buffalo était relativement à 150 pieds plus bas que le niveau de l'extrémité occidentale du lac. En conséquence, Erié était drainé sauf un petit bassin d'une superficie de 100 à 1,500 miles et par place de 10,000 milles carrés comme aujourd'hui. Pour les dimensions relatives du lac Erié, voir carte page 302, planche XXXIV. L'évaporation de surface de l'eau était réduite par suite de la petite superficie du lac relativement à ce qu'elle est aujourd'hui, car, la rivière et ses affluents traversaient seuls le bassin du lac maintenant comblé. La superficie de l'Erié a été par la suite augmentée en raison du redressement du terrain qui a causé le recul des eaux.

CHAPITRE XXV.

DÉBOUCHÉ NORD-EST DU LAC ALGONQUIN.

(LES TROIS LACS D'EN HAUT).

Drainage Huron du nord-est détourné du Niagara.
Soulèvement nord-est de la plage Algonquin.
Quantité de redressement indiqué dans la plage.
Barrière du lac Algonquin.

DRAINAGE HURON NORD-EST DÉTOURNÉ DE LA RIVIÈRE NIAGARA.

La barrière entre les bassins Huron et Erié sera décrite au chapitre suivant. J'ai fait le levé des sinuosités de la plage Algonquin durant des centaines de milles en 1887-88. Il s'est formé après que le Huron s'était rétréci dans son propre bassin et que son niveau était trop bas pour que le lac déborde au-dessus du partage de St-Clair. Cette plage donnait la première idée que le drainage Huron avait été autrefois détourné par le débordement nord-est des chutes Niagara comme la chose est indiquée au chapitre XXIV.

SOULÈVEMENT NORD-EST DE LA PLAGE ALGONQUIN.

A Grand Bend sur la rivière Ausable, quelques milles à l'est de la sortie actuel du lac Huron, la hauteur de la plage Algonquin est de dix-huit pieds au-dessus du lac. Quatorze milles plus loin elle a trente-six pieds de hauteur, à Southampton, 132 pieds. Après cela elle contourne la péninsule indienne qui était alors une chaîne d'îles sur laquelle la plage est conservée. Ce rivage soulevé a fait l'objet d'un levé à Owen-Sound sur la baie Georgienne et à une altitude de 167 pieds. A Clarksburg, elle est de 191 pieds, quatre milles à l'ouest de Collingwood, sa hauteur est de 187 pieds; près de Caldwell, elle est de 170 pieds. La plage tourne encore au nord, en se rapprochant du rivage de la baie Georgienne à Elmsvale, 220 pieds; et à l'est de Wyebridge, son altitude est de

260 pieds. En contournant une haute arête de transport au sud, jusqu'à Orilla, elle fait le tour du bassin du lac Simcoe à l'est duquel l'altitude atteinte est de 293 pieds au-dessus du lac Huron. Entre cet endroit et le lac Balsam, la vieille ligne de rivage indique une ancienne sortie avec de l'eau profonde de vingt-six pieds, à une certaine époque. Ces détails sont empruntés à mon travail "The Deformation of the Algonquin beach and Birth of Lake Huron."[1]

La plage Algonquin est souvent subdivisée en petites arêtes formant une chaine de vingt-six pieds de hauteur, si bien que le débordement du lac Balsam n'expliquerait pas l'existence des plagettes inférieures. Il y a aussi des plages et des terrasses inférieures beaucoup plus basses que la plaine Algonquin et la sortie du lac Balsam, comme celles de Clarksburg qui vont de quatre-vingt-un pieds au-dessus du lac aux niveaux inférieurs.

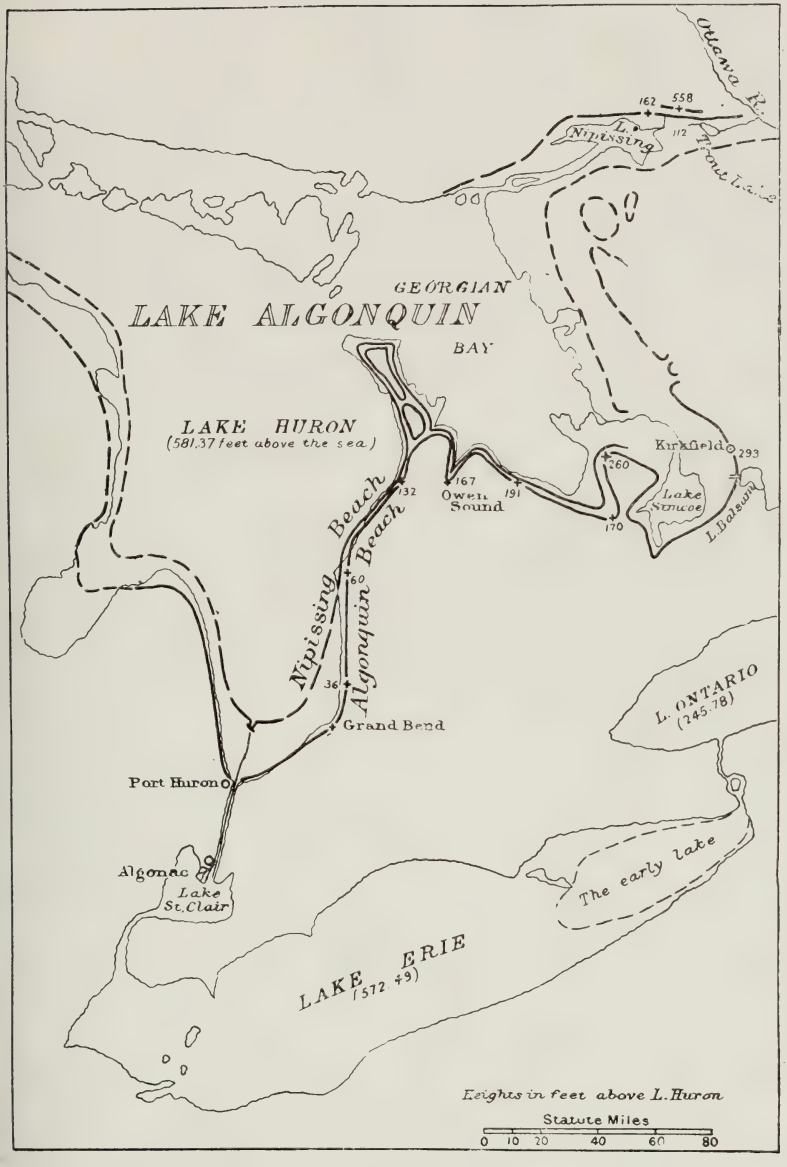
Les restes de la plage Algonquin dans le pays accidenté au nord sont difficiles à reconnaître, tandis que la plage Nipissing de M. Taylor passe plus bas que le niveau du lac à une distance considérable de l'extrémité méridionale du lac Huron. Pour cette plage du côté occidental du lac, il faut se reporter aux travaux de M. Taylor. Au nord de l'endroit le plus éloigné ou s'est pratiqué mon levé M. Taylor a exécuté ces observations qui confirment l'existence de la ligne de rivage.[2] La plage Algonquin est dans la région du lac Nipissing à une altitude théorique de 600 pieds au-dessus du lac Huron. Là M. Taylor a trouvé la plage la plus haute et la mieux développée à 558 pieds surplomblant la ligne de partage entre le lac Nipissing et la rivière Ottawa, qui est à 112 pieds au-dessus du lac Huron.

QUANTITÉ DE REDRESSEMENT INDIQUÉE PAR LA PLAGE.

Il résulte de ce levé que la plage Algonquin est maintenant penchée et s'élève depuis l'extrémité méridionale du lac Huron

1 Amer. Journ. of Sci., déjà cité.
2 "Second Lake Algonquin" Amer. Geol. Vol. XI., 1895 et autres travaux.

PLANCHE XXXV.



Carte des plages Algonquin et Nipissing et débouché nord-est du drainage Huron.(1)

1 La hauteur des lacs donnée ici se rapporte à la moyenne 1860-1905 y compris celle antérieure à la baisse des débouchés.

d'un pied et un tiers, montant jusqu'à deux pieds au moins par mille en avançant au nord. Après avoir contourné la baie Georgienne, on constate que le soulèvement est de trois pieds par mille dans une direction N. 20° E., et plus loin, il y a 4.1 pieds par mille N. 25° E. La déformation serait plus amplement étudiée en discutant le débouché Nipissing. Dans les plages inférieures on a trouvé moins de redressement.

La grande vallée où gît le lac Nipissing est beaucoup plus basse que le débordement par le lac Balsam et la vallée de Trent. Plus bas que la plaine Iroquois, on a observé des fragments de lignes de rivages plus basses. En 1891 j'ai énoncé que "en conformité avec le soulèvement original, les eaux de l'Algonquin se sont abaissées comme le montrent les nombreuses plages jusqu'à ce que le lac fût démembré, que le Supérieur, Michigan Huron et Georgien eussent pris naissance et se fussent égouttés finalement jusqu'au niveau du débouché Nipissing seulement, par une rivière qui s'écoulait par la vallée d'Ontario. Mais des observations directes n'ont rien établi jusqu'à ce qu'elles eussent été faites par le professeur Wright et plus complètement par M. Taylor qui a relié une plage plus basse avec le débordement Nipissing.[1]

On peut dire que si tout le gauchissement indiqué dans les divers bassins des lacs était nivelé, la région serait beaucoup plus basse que maintenant. D'un autre côté, si les conditions glaciaires étaient dues à une augmentation d'altitude la région continentale aurait été relativement haute.

BARRIÈRE DU LAC ALGONQUIN.

Tel étant le cas, il s'agit de savoir si les eaux sont plus haut que le plan Algonquin? Quelques-uns croient qu'il

1The Ancient strait at Nipissing, Bull, Geol. Soc. Am., Vol., V., 1893.

Of Mr. Taylor's papers see "Ancient Strait of Nipissing," Ib. vol. 1, pp. 621–626, 1903. "The Limit of Pre-glacial Submergence in the Highlands east of Georgian bay," Am. Geol., vol. xiv., pp. 273–289, 1894. "Second Algonquin and Nipissing beaches," Ib. vol. xvii., pp. 397–400, 1896. "The Nipissing and Mattawa rivers, the Outlet of the Nipissing Great lakes," Ib. vol. xx., pp. 65-66, 1897.

Prof. Wright's paper was cited in the previous chapter. See Bull. Geol. Am., vol. iv., pp. 423-425, 1893.

y avait un barrage glaciaire. L'hypothèse sur laquelle est basée mon travail était le niveau de la mer. M. Taylor en a été amené à considérer la dépression Nipissing comme un détroit, mais plus tard il a pensé qu'il régnait un barrage glaciaire en un point en dehors de ses observations.

A l'extrémité sud du lac Huron, des plages atteignent vingt-cinq pieds, et peuvent être considérées comme la continuation de la ligne de rivage Algonquin, mais cela peut comprendre les plans de construction des eaux montantes du lac. La plage Algonquin contourne l'extrémité du lac et ne tourne pas dans la rivière St-Clair qui la coupe diagonalement. A l'est de la rivière, la ligne de rivage est souvent caractérisée par des dunes de sable, mais l'arête qui atteint une hauteur de dix-huit pieds au-dessus du lac ou huit pieds au-dessus du terrain de chaque côté, forme une pointe qui à une certaine époque séparait une lagune de la rivière. (*Voir* chapitre suivant.)

CHAPITRE XXVI.

SOURCE DES AFFLUENTS ST-CLAIR DU LAC ALGONQUIN.

Terrasses auprès du lac St. Clair.
Profondeur de transport au débouché St. Clair.
Source des affluents St. Clair.
Date de la noyade de vallée St. Clair

TERRASSES AUPRÈS DU LAC ST-CLAIR.

En examinant les berges de la rivière et les rives du lac St-Clair, des terrasses et plaines de sable, avec quelques arêtes de gravier existent à des hauteurs de dix à quinze pieds au-dessus du lac Huron. Elles sont entaillées dans la matière de transport qui prédomine partout à une grande profondeur. Au sud du lac, à une distance de quatorze milles avant d'atteindre la cité Marine, le plus haut versant du pays s'approche de la rivière avec une hauteur de quarante-cinq à cinquante pieds au-dessus du lac. La rivière St-Clair possède là sa largeur minimum et près d'elle il y a une terrasse taillée ou fond soulevé de trente-cinq pieds (bar.) au-dessus de l'eau avec des berges qui la surmontent de dix à quinze pieds. Cet endroit est à quinze ou seize milles du lac Huron. Une terrasse, du côté occidental a 100 à 300 pieds de largeur mais elle est moins visible du côté oriental. Elle se présente sur une longueur de plus d'un mille.

Il est bien certain qu'il y avait une barrière quand les eaux du lac Warren se déposaient dans les bassins Erié et Huron, mais plus tard, les cours d'eau descendant rapidement au nord ont capté le drainage opposé si bien que la ligne de partage réelle a poussé au sud jusqu'à la surface actuelle du lac St-Clair.

PROFONDEUR DE TRANSPORT AU DÉBOUCHÉ SAINT-CLAIR.

A l'Usine de Fibre du Port Huron, un puits a laissé voir du sable de lac lavé à une profondeur de soixante-dix-huit pieds, au-dessous duquel, il y a vingt-quatre pieds d'argile bleue, cinq pieds de gravier arrondi, quatre-vingts pieds d'argile avec

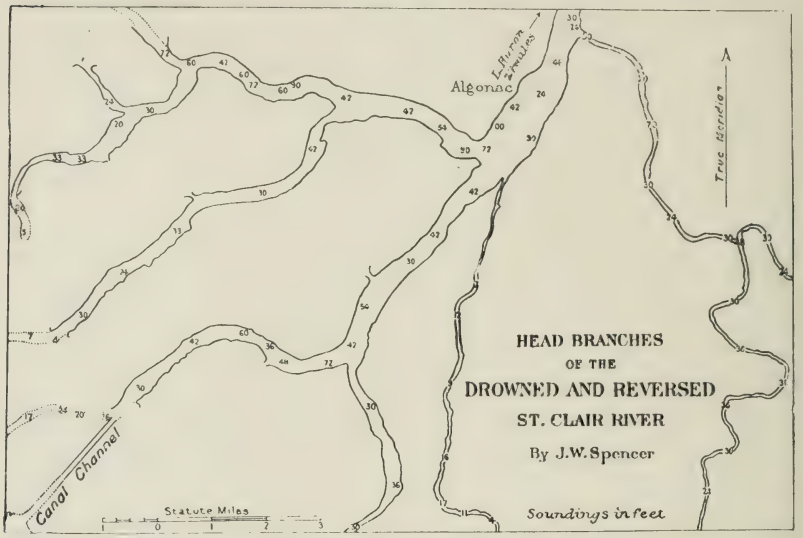


Fig. 26.—Carte des bras de source de la rivière St. Clair noyée, établissant une séparation des drainages Huron et Erié et une ancienne décharge septentrionale des eaux Huron.

pierre glaciées, ou 187 pieds en tout, arrivant à 162 pieds en-dessous du niveau du lac. Ce caractère se répète du côté est de la rivière; en un endroit à huit milles de distance, on a foncé un puits à 160 pieds avant d'atteindre la roche. Cela représente une profondeur de 130 pieds en dessous du niveau du lac.

SOURCE DES AFFLUENTS SAINT-CLAIR.

Les sondages du lac St-Clair et des chenaux dans les platières St-Clair ont été très intéressants. Si l'on regarde la carte, on remarque d'abord ce qui paraît être un delta à l'entrée de la rivière St-Clair dans le lac. Mais la rivière ne charrie

pas de sédiments sauf les lavages de ses propres berges. Le delta apparent est un terrain bas, s'estompant dans des marais, mais, dans ces marais, à une profondeur de un à cinq pieds dans les platières qui s'élèvent à peine au-dessus de l'eau on trouve que les chenaux ont une grande profondeur allant jusqu'à quarante, soixante-douze et même quatre-vingt-dix pieds au-dessous de la surface du lac. Ces chenaux paraissent en plusieurs bras convergeant et s'élargissent en approchant du tronc qui forme maintenant la rivière St-Clair près du village d'Algonac, *Voir* figure 26.

L'existence de ce régime de drainage prenant naissance dans les eaux basses du lac St-Clair et atteignant une profondeur de quatre-vingt-dix pieds, établit d'une façon concluante que la rivière St-Clair s'égouttait autrefois au nord-est par un chenal très profond, passant à plus de quatre-vingt-dix pieds au moins au-dessous du niveau du lac Huron comme faisaient aussi les affluents partant d'un amphithéâtre à sa source. A cette époque, les eaux du lac Huron ont reculé un peu au-delà de la pointe du Four à Chaux ou soixante-dix milles au nord de la pointe Edward. De lui-même ce régime d'égouttement renversé aurait établi l'ancien débouché nord-est du lac avec un plan à 110 pieds à peu près en dessous de la plage Algonquin s'il n'était pas déjà prouvé par les plages inférieures du bassin Huron.

A deux ou trois milles de la tête de la St-Clair noyée, le lac n'a nulle part une profondeur de plus de soixante-dix pieds, mais au delà, les contours montrent un drainage vers le sud dans la rivière Détroit même avant d'atteindre la rivière elle-même.

La St-Clair noyée a été partiellement comblée par le dépôt de sable usé par le courant et on peut seulement supposer que le lac de sable qu'on voit à l'Usine de Fibre est le comblement du chenal quand les vagues du lac construisaient les platières au retour des eaux du lac Huron quand elles

DATE DE LA VALLÉE ST-CLAIR NOYÉE.

Ces chenaux de la St-Clair noyée étaient un trait post-glaciaire formé après le démembrement du lac Warren, après le retirement des eaux Huron du plan Algonquin, mais avant le redressement du débouché Nipissing qui a détourné le drainage Huron dans le lac Erié et la rivière Niagara. Cette nouvelle observation est une preuve intéressante qui montre combien récemment encore le lac Erié recevait les eaux des lacs d'en Haut.

On a presque passé sous silence dans ce chapitre une observation importante de M. Taylor.[1] Il avait trouvé que plusieurs cours d'eau tributaires de la rivière et du lac Saint-Clair montraient les effets de noyage et que leurs chenaux s'éteint formés tandis que la rivière était tributaire du lac Huron retréci. Maintenant, ils ont une profondeur de dix pieds au moins et sont navigables sur quelque distance en amont de leur embouchure. Il en conclut que les chenaux ont été entaillés quand le niveau de base était de vingt-cinq à trente pieds plus bas qu'actuellement et qu'ils ont été noyés au détournement des eaux Huron vers le sud. Ceci a confirmé l'idée du débouché nord-est du bassin Huron.

Ces affluents étudiés par M. Taylor ne sont pas ceux qu'a fait ressortir l'auteur qui prennent maintenant naissance sous la surface du lac Erié et viennent de l'amphithéâtre au plateau d'épanchement entre les bassins Huron et Erié d'alors, montrant une profondeur beaucoup plus forte qu'on a trouvé. Le principe en jeu est le même.

---

1 Proc. Am. Ass. Ad. Sci., Vol. XLVI., p. 202, 1897.

CHAPITRE XXVII.

AUGMENTATION DU DÉBIT DU NIAGARA PAR L'ACCESSION DES EAUX DE L'ALGONQUIN—C'EST-À-DIRE DU DRAINAGE HURON.

Nipissing—Débouché Ottawa.
Quantité d'inclinaison terrestre et addition des eaux du Huron au lac Erié.
Origine du lac St. Clair.

NIPISSING——DÉBOUCHÉ D'OTTAWA.

Dans le levé des rivages du haut niveau auprès du lac Huron, on a trouvé en beaucoup d'endroits des plages à des niveaux inférieurs à ceux de l'Algonquin. Ceci nécessitait un débouché inférieur à celui de la ligne de rivage Algonquin. Dans les levés primitifs, je ne prévoyais pas l'étude de points au delà de ceux qui étaient à l'étude, et l'on n'avait pas alors de données pour relier les plages à la dépression de Nipissing bien connue. Mais il était bien évident qu'il fallait un débouché inférieur dans cette direction.

Le lac à la Truite sur le drainage Ottawa actuel n'est qu'à trois milles du lac Nipissing et à sa tête, sur le côté nord, il y a une terrasse fortement marquée couverte d'un pavage de cailloux qui le dépasse de cinquante à soixante-cinq pieds. (quatre-vingt-cinq pieds au-dessus du lac Nipissing), c'est qui est à peu près la ligne de partage à une vingtaine de pieds près.

Dans une direction, M. Taylor a fait les explorations les plus complètes. Il a relié cette rive à l'existence de plages plus au sud[1] et l'a nommée à juste titre plage Nipissing. C'était tout ce qu'il fallait pour expliquer le débouché du lac

1 Bull. Geol. Soc. déjà cité.

durant l'époque des basses lignes de rivage. La plate-forme Nipissing est maintenant de 162 à 175 pieds (bord interne) au-dessus du lac Huron. Entre ceci et la ligne de rivage à à 558 pieds, M. Taylor[1] a trouvé des restes des autres lignes de rivage mais c'est la plage Nipissing qui constitue le trait le plus important.

C'est seulement après que le chenal a été soulevé que le dernier drainage au nord-est a été entièrement clos. Durant l'époque du plan Nipissing les eaux du lac Huron se sont beaucoup retirées de l'extrémité méridionale du lac, voir planche XXXV. Dans le dernier chapitre, on a montré que les profondeurs des affluents d'alors atteignaient dix-neuf pieds au moins au-dessous de la superficie actuelle du lac.

QUANTITÉ D'INCLINAISON TERRESTRE—ADDITIONS DES EAUX HURON AU LAC ERIÉ.

Le plancher du débouché Nipissing Ottawa s'élève jusqu'à 112 pieds au-dessus du lac. Cependant, il y a quelques vallées de cours d'eau étroits croisant la ligne de faîte qui ne sont qu'à quatre-vingt-dix-sept pieds au-dessus du lac Huron (à St-Laurent.) La quantité d'inclinaison depuis que les eaux Nipissing étaient au plan Nipissing s'élève à un peu plus de 112 pieds et 50 pieds, hauteur de la plage à laquelle il faut ajouter quatre-vingt-dix pieds ou la profondeur quelconque de la plage Nipissing à l'extrémité méridionale du lac Huron est submergée en tout, à peu près 250 pieds, pour déterminer l'inclinaison depuis l'épisode Nipissing, Mais sur cette quantité il a fallu un gauchissement de 112 pieds seulement, moins à peu près 22 pieds pour la barrière St-Clair, maintenant tranchée pour détourner les eaux Algonquin du bassin Huron dans le lac Erié.

Lorsque les eaux du bassin Huron étaient tirées si loin du partage St-Clair, le lac Erié, représenté par une petite

1 "The Nipissing Strait" déjà cité.

nappe d'eau seulement était à un plan à 150 pieds à peu près en-dessous du niveau St-Clair actuel.

La période du drainage du bassin Huron a été de longue durée comme le montre la force de la ligne de rivage Nipissing et la profondeur des vallées de rivage St-Clair. L'histoire du retrait des chutes Niagara confirme cela et l'on peut ainsi calculer la date où le bord du bassin près du lac Nipissing s'est élevé assez haut pour envoyer les eaux Huron par-dessus la ligne de partage St-Clair dans le bassin Erié.

Je considère la date du gauchissement de la croûte terrestre qui a soulevé le bord Nipissing, comme matériellement synchronisque avec le soulèvement du terrain au débouché du lac Erié qui a causé le recul des eaux jusqu'à l'étendue du lac actuel.

ORIGINE DU LAC ST–CLAIR.

Ce lac bas excavé dans le transport peut être considéré comme l'abaissement du col entre les rivières noyées St-Clair et Détroit, où les facteurs atmosphériques ont produit l'amphithéâtre sans profondeur à la source des deux cours d'eau. Ensuite après l'inondation de ce district, le lac St-Clair s'est produit, quoique modifié par les vagues de son propre lac agissant sur la rive basse.

CHAPITRE XXVIII.

DÉBORDEMENT CHICAGO RÉCENT.

Les anciennes plages du voisinage de Saginaw Bay montrent l'inclinaison des lignes de rivage abandonnées. A l'ouest de Port Huron, j'ai trouvé que l'altitude de la plage Forest est de 665 pieds, au nord-ouest à Verona Mills, le mesurage de M. Taylor est 765 pieds; et à Elsie, au sud, 770 pieds; elle se réduit à 680 pieds à peu près aux rapides Maple. C'était près du col Pewamo au sud du bassin Michigan et cela permettraitl'existence d'un gauchissement modéré entre cet endroit et le débouché Chicago avec l'idée que le plan Algonquin passerait sous la surface de l'eau à l'extrémité méridionale du lac Michigan. Mais la relation de ces anciennes lignes de rivage inclinées et des plus récentes au fond du lac Erié n'a pas été nettement déterminée si bien qu'il n'est pas possible d'affirmer précisement quel débordement du bassin Algonquin est survenu dans la vallée Mississipi. Il y a quelques années, j'ai exprimé l'idée d'un débordement temporaire d'une partie du drainage Niagara.

Le Dr Edmund Andrews[1] et M. Frank Leverett[2] ont publié des travaux sur le débouché Chicago. Si l'on passe sous silence l'elevation du haut de la plage Michigan, qui a une altitude à Homewood de soixante-quatorze pieds au-dessus du lac et de plus petites, bien que dans la série plus élevée il y a une plage plus basse. Le chenal ne dépasse pas là sept pieds de profondeur d'après M. Leverett, la ligne de partage étant à huit pieds au-dessous du lac. Plus bas que ce niveau de huit pieds, il y a des sables lacustres surimposés sur le transport et

1 Trans. Chicago Acad. Sci., Vol. II., pp. 1–23, 1870.
2 Bull. Chicago Acad. Sci.; Geol. and Nat. Hist. Survey, No. 11, 1897.

montrant des étapes de lac plus hautes. De plus, partiellement le sommet est marécageux avec des plages à dix ou douze pieds, M. Leverett dit que ces lignes de rivage "paraissent avoir été formées après que le débouché sud-est du lac était abandonné (page 80)." Il dit aussi "ces plages doivent être reliées à l'action du lac actuel" (page 86).

Ce niveau manifestement récent du lac Michigan peut seulement être expliqué par la hauteur plus forte du débouché St-Clair. La figure 27 montre la position du débouché Chicago d'après, une carte fournie, il y a quelque temps par le Dr Andrews.

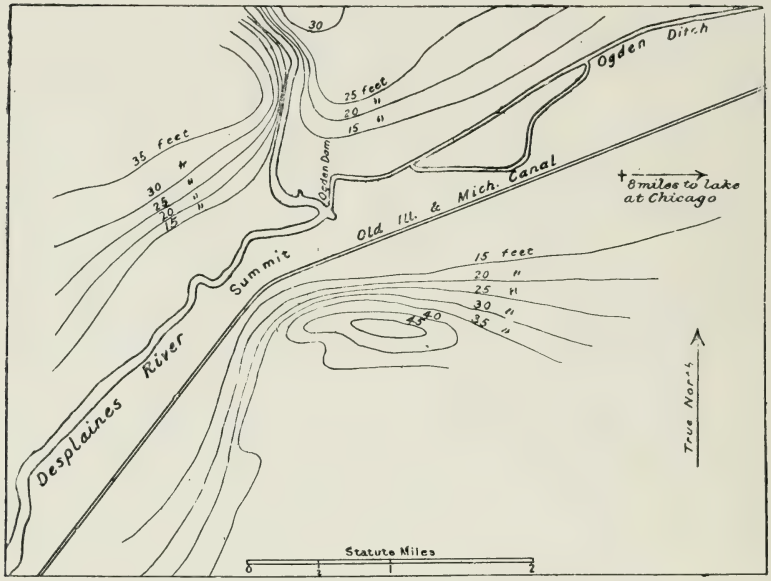


Fig. 27.—Carte du bas sommet entre le creek Chicago et la rivière des Plaines qui est à huit pieds seulement au-dessus du lac, avec une auge d'un mille de longueur.

Auprès du lac St-Clair on voit une contre-partie de cette condition. Il y a là des plaines de sable où dans un cas, une arête de gravier s'élevait à dix ou douze pieds au-dessus du lac Huron. La St-Clair s'est récemment abaissée de 1.66 pied par le raclage des matériaux non cohérents de son lit et il n'est

pas douteux qu'à courte échéance, il puisse y avoir eu un débordement temporaire, sans profondeur dans la direction du Mississipi comme on en a déjà eu l'idée.

Le débouché Chicago a souvent été rattaché aux premières conditions galciaires. En tout cas, les investigations récentes laissent supposer un débordement temporaire subséquent dans ce sens; peut-être jusqu'au chenal que M. Leverett croit avoir une profondeur de sept pieds.

Cette parenté entre les débouchés Chicago et St-Clair éclaire maintenant l'histoire du lac et le rétrécissement de la gorge qui, aux rapides Whirlpool, est dû à un détournement partiel des eaux du lac sur la ligne de partage Chicago.

L'hypothèse du détournement futur du Niagara au Mississipi avec l'affaissement de Chicago doit être abandonnée, car on a découvert une cessation du mouvement de la terre (chapitre XXXI) qui pourrait amener ce changement, et dans le cours de quelques siècles, quand le Niagara aura reculé d'un demi-mille ou un peu plus, le chenal de la rivière se sera rapidement creusé dans le drift du bassin en amont des chutes. Cela remettra encore à plus tard un détournement occident, s'il se produit une inclinaison future du terrain.

CHAPITRE XXIX.

CHENAL ST–LAURENT SANS DRAINAGE HURON.

Chenal plus petit du St. Laurent.
Déformation terrestre indiquée dans les rapides.
Comparaison de la rivière Niagara ancienne et de l'Ottawa actuel.

CHENAL DU ST-LAURENT PLUS PETIT.

L'histoire de la rivière Niagara est seulement l'expression de cette région de lacs dans toutes ses parties compliquées. L'investigation d'un trait nous amène imperceptiblement bien loin jusqu'à ce que nous franchissions les limites de la question originale. C'est ce qui arrive ici. Mais les observations nouvelles réagissent et expliquent plus pleinement le phénomène. Les tributaires de la Saint-Clair renversée confirment la preuve de l'ancien débouché septentrional du lac Huron avec les détournement des eaux du lac d'en Haut, de la rivière Niagara. D'un autre côté la rivière St-Laurent fournit elle-même la preuve de son chenal corollairement petit avant que le lac Huron fût envoyé dans la rivière Niagara.

Une investigation du St-Laurent mettrait certainement à jour beaucoup de matériaux intéressants mais je m'occuperai seulement d'un point ou deux. Du débouché du lac Ontario au pied des rapides de Cornwall la distance en droite ligne est de 110 milles. Puis la rivière s'élargit en un élargissement de deux milles et demi à quatre milles, allant jusqu'à Valleyfield, à trente-trois milles. Cela s'appelle le lac St-François. Il y a une petite déclivité du pied de l'écluse No 15 au lac, puis du lac à la tête de l'écluse No 14 à Valleyfield. Ces deux déclivités avec la pente (?) dans le lac s'élèvent à trois pieds à peu près.

Dans la partie la plus large du lac, il y a peu de déclivité et par conséquent, le courant est beaucoup réduit.

Cornwall est en aval du pied des rapides qui sont suivis dans le lac par un chenal étroit et profond ayant par places une largeur de trois huitièmes de mille et une profondeur de soixante-sept pieds. Le chenal est borné par de larges platières submergées de dix pieds. La nature rivière de ce chenal est indubitablement démontrée sur une vingtaine de milles, après quoi le chenal a été sondé en quelques endroits seulement. Comme le chenal ancien est comblé jusqu'à pleins bords, sa dimension ne suffit pas pour le Saint-Laurent actuel. D'un autre côté les berges nettement marquées de ce chenal, de grande profondeur montrent qu'il a été fait par un cours d'eau avec un fort courant quoique maintenant des barres l'obstruent par endroits.

Deux choses deviennent apparentes. D'abord, le chenal a été fait par une rivière plus petite; et, ensuite, ce bord de rivière a été ensuite comblé à déborder. L'inondation des berges de rivière peut provenir de l'élévation d'une barrière au débouché du lac, mais la tranchée est trop petite pour une rivière de cette dimension. Le petit chenal interne est excavé plus ou moins dans les matériaux de transport au pied du rapide qui descend sur un lit rocheux. C'est ce qu'on pouvait attendre quand le lac Huron s'est vidé par le Nipissing et l'Ottawa au lieu du Niagara et du St-Laurent. Quelques milles en aval de Valleyfield la rivière s'élargit au niveau du lac St-Louis où se repètent les traits du chenal noyé. Les chenaux mentionnés ici confirment le détournement des eaux du lac d'en Haut du Niagara d'une façon réjouissante pour un homme qui a découvert ces changements dans le physique de la rivière.

J'ai trouvé aussi qu'il existait un petit chenal au débouché du lac Erié et que ce chenal a été inondé de la même façon du lac St-François. Il y a donc partout des preuves des change ments de drainage.

DÉFORMATION TERRESTRE MONTRÉE DANS LES RAPIDES.

La profondeur du chenal St-François relativement aux rapides d'aval indique qu'il n'a pas pu se former après que la barrière du lac eût obtenu sa hauteur actuelle ou que la vallée du lac eût été inondée, mais seulement par l'accroissement de volume du St-Laurent, sans soit une barrière soulevée, soit un détournement du cours du drainage préglaciaire.

Du côté des monts Adirondack les deltas indiquent un prolongement du plan Iroquois avec un soulèvement moyen de six pieds à peu près , le long d'une ligne presque parallèle au St-Laurent. De combien la barrière rocheuse de Valleyfield s'est-elle élevée pour bloquer le lac, on ne le sait pas; mais une petite proportion du mouvement depuis l'époque Iroquois aurait suffi à noyer ce chenal plus profond inondé par l'accroissement de volume de la rivière St-Laurent.

Aux rapides Galops le plancher rocheux du chenal est de dix à treize pieds plus bas que la surface de la rivière, cependant, en amont des rapides la rivière a une profondeur de soixante-quinze pieds. On trouve aussi que les roches des rapides intermédiaires obstruent les parties profondes du chenal d'aval. Je signale ici simplement les phénomènes qui méritent la même étude en détail que celle faite sur la rivière Niagara.

Bien que cette structure soulève beaucoup de questions, ces barrières dénotent un soulèvement récent de la croûte terrestre dans cette région. La preuve de ce soulèvement a été établie le long des Adirondacks, au sud, mais on n'avait pas fait supposer de preuve directe auprès du St-Laurent. En conséquence, l'ancienne supposition de la continuation de déformation de la rivière St-Laurent est appuyée bien que la quantité précise n'ait pas encore été mesurée en cet endroit.

Quelques milles en aval du lac St-François, la rivière Ottawa se réunit au St-Laurent et forme le lac St-Louis, c'est

par l'Ottawa qu'est venu le drainage septentrional de l'Huron. Bien qu'il soit intéressant d'observer les caractéristiques de l'ancien St-Laurent inférieur relativement à ses caractéristiques actuelles, il peut l'être aussi d'étudier la parenté de l'Ottawa rétréci actuel avec son chenal récemment agrandi qui recevait les eaux du lac d'en Haut.

COMPARAISON DES RIVIÈRES DE L'ANCIEN NIAGARA ET DE L'OTTAWA ACTUEL.

Le bassin de la rivière Ottawa a une étendue de 56,700 milles carrés tandis que l'Erié en a 40,000. La pluviosité Ottawa est supposée inférieure à celle de l'Erié et évaluée de trente ou trente-cinq pouces par années; mais beaucoup de ce pays surmonte des surfaces rocheuses, sans parler des bois, si bien que la quantité de pluie qui s'écoule est très forte relativement. Les fluctuations de l'Ottawa vont quelquefois aux extrêmes,[1] qui ne se rencontrent pas dans le Niagara, et cependant, dans les stages moyens de l'ancienne rivière, on peut voir aujourd'hui un cours d'eau un peu plus grand que l'Erié au stage du Niagara. D'un autrecôté la rivière Ottawa, à cette époque, était plus grande ou un peu plu grande que le St-Laurent actuel en amont de son confluent avec l'Ottawa moderne.

1 En 1870, la hauteur extrême de l'eau à Ste Anne était de 86,500 pieds cubes par seconde; hautes eaux ordinaires 41,400 pieds cubes; eaux très basses en 1906, 5,820 pieds cubes. (A St. Laurent.)

CHAPITRE XXX.

ÉPOQUE DE GAUCHISSEMENT OU DU REDRESSEMENT DE LA RÉGION DES LACS.

Gauchissement postiroquois indiqué dans cette plage.
Gauchissement postiroquois dans le district Niagara.
Gauchissement de la plage Algonquin.
Redressement de la plage Nipissing influençant les chutes Niagara.
Effets du soulèvement postiroquois sur la rivière Iroquois.
Débordement Chicago.
Causes des mouvements de la terre—Théorie de Fisher.

ÉPOQUE DE GAUCHISSEMENT POSTIROQUOIS INDIQUÉ SUR CETTE PLAGE.

La plage postiroquois se relie directement à l'histoire des chutes Niagara. Du fond du lac Ontario à la ferme Prospect, à l'est de Watertown (voir carte planche XXXIII) il y a 226 milles en ligne droite avec un soulèvement de 376 pieds; où, jusqu'à Trenton, 125 milles, le soulèvement est de 270 pieds. A l'extrémité oriental de ce district, le soulèvement dépasse cinq pieds par mille; au delà, les deltas de rivières montrent le prolongement du plan Iroquois, du côté septentrional des Adirondacks jusqu'à 245 milles du fond du lac, le soulèvement étant de 609 pieds. J'ai remarqué des terrasses dans les vallées plus élevées et elles peuvent éclairer le phénomène dans cette région. Mais, la limitation du plan Iroquois est inconnue on ne sait pas s'il était autrefois obstrué ou non par la glace.

Comme on l'a constaté il y a longtemps, les plagettes constituantes divergent plus vers l'est et le nord que dans l'autre direction ce qui dénote plus d'ampleur du mouvement vers les pauses intermédiaires que vers l'est.

De même, le gauchissement est plus exagéré dans les anciennes plages que dans les nouvelles et les plus basses. Ceci

montre une décadence des mouvements terrestres. La grande étendue de la ligne de rivage Iroquois, qui était le niveau de l'eau montre qu'elle aurait pu seulement être dérangée après son achèvement et que des glaciers n'ont pas pu couper le bassin du lac tandis que les plages se formaient—époque de repos qui a eu une longue durée.

GAUCHISSEMENT POSTIROQUOIS DANS LE DISTRICT NIAGARA.

Au fond du lac, y compris le district Niagara qui l'avoisine, le mouvement de redressement peut être porté à deux pieds par mille. Du côté méridional du district Niagara le plan Forest a été gauchi d'un pied et demi. Une plage plus haute indique un soulèvement un peu plus fort. Mais plus à l'ouest et en contournant le fond du lac Erié les mouvements différentiels ont été de peu de conséquence. Le redressement, près du fond du lac Ontario, est en accord si intime avec celui de l'extrémité orientale du lac Erié qu'il paraît en être la continuation.

On peut donc en conclure que presque toute la déformation visible dans la plage Forest est survenue après la construction de l'Iroquois et en même temps que se soulevait cette dernière plage. Si les mouvements de la terre avaient été uniformes et non intermittents ces lignes de plages fortes et nettes ne se seraient pas formées.

GAUCHISSEMENT DE LA PLAGE ALGONQUIN.

La plage Algonquin a été formée après la plage Forest, mais on ne peut affirmer son synchronisme avec l'Iroquois. Comme dans le bassin Ontario, il doit s'être écoulé beaucoup de temps durant la construction des terrasses Bell et autres.

La plage Algonquin était cependant limitée à un bassin lacustre séparé où des conditions différentes régnaient autrefois au sujet du débouché; mais, comme l'Iroquois, le plan Algonquin, était de plusieurs centaines de pieds au-dessus du

bord inférieur de son bassin dans la région Nipissing. Le taux de sa déformation à l'extrémité méridionale du lac Huron est d'un mille et quart seulement par mille, et va jusqu'à quatre pieds par mille, avec une direction de nord au sud, mais allant vers les foyers du soulèvement, qui s'est produit au nord du bassin Ontario. Qu'il soit synchronique ou non avec l'Iroquois, sa portée sur la rivière Niagara est d'une importance secondaire après avoir servi à établir le fait que les eaux Huron n'ont pas débordé dans le lac Erié. Cependant l'abaissement des eaux du plan Algonquin était le même que celui du bassin Ontario.

INCLINAISON DE LA PLAGE NIPISSING INFLUENÇANT LES CHUTES NIAGARA.

Dans le bassin Huron les eaux se sont abaissées au plan Nipissing—160 à 170 pieds au-dessus du lac dans le voisinage du lec Nipissing, tandis qu'àl'extrémité méridionale du lac Huron elles étaient à plus de quatre-vingt-dix pieds en-dessous du niveau actuel. A la suite d'un autre affaissement de cinquante pieds, les eaux sont tombées au plancher du partage Nipissing-Ottawa. Avec le renouvellement de la déformation du terrain, les eaux ont reculé et monté le partage St-Clair pour tomber dans le drainage Erié.

EFFETS DU SOULÈVEMENT POSTIROQUOIS SUR LA RIVIÈRE NIAGARA.

Ce mouvement terrestre s'est prolongé et a augmenté au débouché du lac Ontario et du même coup a haussé là la barrière, de façon à monter le chenal Niagara par le recul des eaux dans celui-ci. Le gauchissement a causé aussi le débordement des eaux Huron par voie de la rivière St-Clair. L'élèvement du bord Ontario de façon à monter le chenal Niagara n'était pas complété beaucoup après le débordement des eaux Huron dans le drainage Niagara.

DÉBORDEMENT CHICAGO.

Durant la crue des eaux du bassin Huron, un débordement par Chicago a joué un rôle accessoire, mais les seuls effets sur le retrait des chutes Niagara a été de réduire partiellement le volume de la rivière quand les chutes passaient les rapides Whirlpool.

CAUSE DES MOUVEMENTS TERRESTRES.—THÉORIE DE FISHER.

Quelques personnes ont supposé que la baisse des eaux était due au retrait des barrages de glace; dans ce cas, leur présence a laissé de grandes nappes d'eau formant des grandes plages d'un niveau unique. Le retrait de l'eau a bien pu abaisser leniveau, mais pas incliner le terrain. L'inclinaison est un mouvement terrestre. Un stage du mouvement terrestre a amendé la terre certainement au-dessous du niveau de la mer, car, à Montréal, les dépôts marins avec les coquillages subarctiques se rencontrent à 530 pieds. Les oscillations de moindre importance, comme celles qu'on trouve à la côte ne font pas l'objet de ce travail et beaucoup de choses sont ici laissées de côté.

Comme cause du gauchissement, quelques personnes ont supposé qu'il provenait d'un retour isostatique à l'équilibre après le retrait de la nappe de glace. Mais toutes les nappes de glace ont été enlevées au loin au delà des lignes de rivage observées, si bien que le retrait de la glace ne s'est pas produit simultanément au gauchissement mais bien avant. D'après les preuves que je possède, cette explication paraît au moins ne pas s'appuyer sur aucune donnée physique. Le retour à l'équilibre isostatique nécessite lui-même des mouvements terrestres internes.

Quant au motif de cette hausse et de cet affaissement calme du terrain sans écroulement ou dislocation visible des strates on ne peut que donner une hypothèse. Comme théorie celle qui est énoncée par le réverend Osmoend Fisher, auteur de "Physics

of the Earth's Crust" offre au moins une explication plausible. Le phénomène, dans la région des lacs indique seulement une forme générale du mouvement terrestre influençant cependant à un autre degré toutes les parties des régions des lacs (le Lac Supérieur excepté, comme n'ayant pas été soumis ici à une investigation analytique serrée, comme dans le cas des autres lacs).

Les foyers de grand soulèvement sont dans les hautes terres Laurentiennes, très loin au nord du débouché du lac Ontario, comme on peut le calculer dans les données que fournit ce travail: De ces foyers, les mouvements rayonnants diminuent presque jusqu'à zéro au fond du lac Erié. De même, il est bon d'accentuer encore le fait que les changements subis par le Huron étaient les mêmes que ceux qui ont agi sur le lac Ontario—cas de mouvement de soulèvement de l'intérieur de la terre.

M. Fisher explique ces changements par l'hypothèse de l'existence d'un substratum liquide où il y a des courants de convexion. "Quelque part, une colonne liquide commencera à monter et à s'écouler horizontalement à la surface. Le déchet dans les parties inférieures de la colonne ascendante sera rempli par l'influx du liquide environnant qui y abaissera les isothermes et toute la région en jeu se refroidira . . . et par suite deviendra moins dense que la masse générale et il se peut que la gravité et la friction la fassent descendre, quand le phénomène d'ascension se reproduira ailleurs. Cela arrive par cycles. La surface au-dessus d'une colonne ascendante s'élèvera et au-dessus d'une descendante s'affaissera (page 226)[1] . . ." Si . . . un courant montant de convexion se produit sous le continent, le changement de niveau sera local et influencera l'aire surincombante. Ceci produira le genre de soulèvement qu'on trouve dans les régions de plateau sans beaucoup d'écroulement des strates" (page 228).

1 "A suggested cause of changes of level in the earth's crust," by Rev. Osmond Fisher, Am. Jour. Sc., Vol. XI., pp. 216–220, 1906.

CHAPITRE XXXI.

PAS DE MOUVEMENTS TERRESTRES ACTUELLEMENT—OU STABILITÉ DE LA RÉGION DES LACS.

Observations autour du lac Erié.
Comparaison des fluctuation à Port Colborne et à Cleveland.
Tableau des fluctuations entre Port Colborne et Cleveland.
Stabilité de la croûte terrestre dans le bassin Erié depuis cinquante ans.
Pas de mouvements terrestres dans le bassin Ontario.
Tableau des fluctuations aux postes de Toronto et du St. Laurent.
Absence de mouvements terrestres auprès du lac Huron.
Importance de la stabilité terrestre.
Ancienne supposition du détournement futur du Niagara dans le Mississipi.

OBSERVATIONS AUTOUR DU LAC ERIÉ.

Dans les chapitres précédents on a montré qu'il s'est produit d'anciens mouvements terrestres, si bien qu'il est tout naturel de supposer qu'il s'en produit encore. On a maintenant essayé avec succès de comparer les niveaux des lacs, relativement au sujet actuel. Dans la dernière partie de ce chapitre on trouvera un état des travaux et des conclusions d'autrefois.

Les lignes de rivages soulevées à l'ouest de Cleveland indi quent à peine des changements de niveau entre Cleveland et Port-Colborne, la dernière hausse se montant à presque 120 pieds. C'est par conséquent dans cette section qu'on doit chercher les fluctuations modernes. A l'entrée de l'écluse du canal Welland, située à Port-Colborne, on a tenu continuellement les fluctuations quotidiennes et elles ont été examinées depuis 1849. Les notes de Cleveland se suivent depuis 1854. Ces deux points sont à 156 milles de distance.

Dans les notes on voit les équations personnelles. Les lectures de Port-Colborne ont été prises par des écluses qui enregistraient seulement à un pouce près; par conséquent certains hommmes peuvent favoriser les plus fortes et d'autres les plus faibles lectures; quelques autres peuvent n'avoir pas été soigneux. Mais dans les milliers de mesurages, l'erreur peut être presque éliminée par la loi des moyennes. Mais il

ne peut pas en être ainsi si l'on compare seulement les niveaux pris durant de courtes périodes par des observateurs différents.

Il y a une très petite marée et avec un seul mesurage par jour, à une heure constante, il surgit une autre source d'erreur durant un court espace d'observations qui s'éliminerait si on faisait de plus longues études; mais ceci est subordonné à des notes prises seulement à un pouce près. L'intensité et l'effet des vents produit la plus forte variation, mais cette erreur est réduite si les observations se prolongent sur une longue période.

Comme le seuil de l'écluse est pris comme repère pour Port-Colborne, il n'est guère probable qu'une alternation se produise dans la position à plusieurs pieds en dessous de l'action de la gelée. Le repère à Cleveland a été changé, mais avec des corrections aussi serrées que possible par les ingénieurs du service des lacs. En prenant de longues périodes, il ne paraît pas être nécessaire d'aller au delà des données ainsi fournies.

Le tableau donné aux pages suivantes fournit les fluctuations du lac Erié à Cleveland et à Port-Colborne pour des périodes annuelles et quinquennales et la différence entre ces deux stations. On peut dire l'on a operé une correction des niveaux au sud des lacs, se montant à 0.33 de pied, quand on a fait le changement dans les niveaux canadiens. L'erreur est conservée pour éviter la confusion avec les notes déjà publiées. Comme elle est constante, la marche de la fluctuation n'est pas incluencée.

COMPARAISON DES FLUCTUATIONS À PORT-COLBORNE ETÀ CLEVELAND.

Les cinq premières années de notes ininterrompues sont celles de 1855 à 1859. Dans le tableau donné, le niveau de Port-Colborne est plus bas que celui de Cleveland. Les marques de repère sont stationnaires, par conséquent si le tableau donne un chiffre moins plus fort à Port-Colborne, il dénote un enfoncement du terrain là plus prononcé qu'à Cleveland.

Un mouvement dans la direction opposée indique un soulèvement du terrain. Ainsi, la période quinquennale se terminant en 1905, montre—0.28 d'un pied et pour la même période se terminant 1859,—0.29. De fait si l'on prend une période plus longue de 1891-à 1905, elle est aussi-0.28 d'un pied. On voit donc que s'il y a des erreurs personnelles, le niveau moyen à deux stations ne varie cependant que de 0.01 d'un pied bien qu'il se soit écoulé une période de cinquante années. La variation est bien contenue dans les limites de l'erreur arithmétique.

TABLEAU DES FLUCTUATIONS DU LAC ERIÉ À PORT COLBORNE ET À CLEVELAND

Années	Lac Erié à Port Colborne	Port Colborne en aval de Cleveland	Lac Erié à Cleveland
1850	572.12		
1851	572.81		
1852	573.12		
1853	572.82		
1854	(1)572.51		(1)572.82
1855	572.80	—.30	573.10
1850–1855	572.73		
1856	572.57	—.31	572.88
1857	573.06	—.26	573.32
1858	573.91	—.31	574.22
1859	573.95	—.31	574.26
1860	573.52	+.03	573.49
1856–1860	573.40	—.23	573.63
1861	573.56	—.02	573.58
1862	573.71	—.02	573.69
1863	573.50	—.10	573.40
1864	573.07	+.28	572.79
1865	572.41	—.03	573.44
1861–1865	573.25	+.07	572.18
1866	572.72	+.14	572.58
1867	572.44	—.16	572.60
1868	572.23	.00	572.23
1869	572.49	—.16	572.65
1870	572.13	—.15	573.28
1866–1870	572.60	—.06	572.66
1871	572.60	—.09	572.69
1872	571.64	—.11	571.73
1873	572.25	—.18	572.43
1874	572.71	—.23	572.94
1875	572.21	—.07	572.28
1871–1875	572.28	—.13	572.41

1 5 mois.

TABLEAU DES FLUCTUATIONS DU LAC ERIÉ, ETC.—*Suite.*

Années	Lac Erié à Port Colborne	Port Colborne en aval de Cleveland	Lac Erié à Cleveland
1876	573.59	—.10	573.69
1877	572.52	—.35	572.87
1878	572.94	—.34	573.28
1879	572.25	—.27	572.52
1880	572.45	—.32	572.77
1876–1880	572.75	—.27	573.02
1881	572.21	—.40	572.61
1882	573.10	—.38	573.48
1883	573.11	—.15	573.26
1884	573.12	—.21	573.33
1885	573.09	—.15	573.24
1881–1885	572.92	—.26	573.18
1886	573.46	+.11	573.35
1887	573.16	—.13	573.29
1888	572.38	—.22	572.60
1889	572.16	—.21	572.37
1890	572.85	—.20	573.05
1886–1890	572.80	—.13	572.93
1891	571.80	—.35	572.15
1892	571.88	—.25	572.13
1893	571.85	—.23	572.08
1894	571.85	—.24	572.09
1895	570.93	—.24	571.17
1891–1895	571.66	—.26	571.92
1896	571.08	—.31	571.39
1897	571.66	—.30	571.96
1898	571.88	—.25	572.13
1899	571.63	—.27	571.90
1900	571.63	—.31	571.94
1896–1900	571.57	—.29	571.86
1901	571.05	—.33	571.38
1902	571.70	—.14	571.84
1903	572.02	—.35	572.37
1904	572.21	—.24	572.45
1905	571.84	—.34	572.16
1901–1905	571.76	—.28	572.04
1855–1859	573.26	—.29	573.55
1860–1876	572.80	—.05	572.85
1877–1905	572.20	—.26	572.46
1855–1905	572.49	—.18	572.67
1861–1875	572.71	—.04	572.75
1876–1890	572.82	—.22	573.04
1891–1905	571.66	—.28	571.94
1901–1905	571.76	—.28	572.04

STABILITÊ DE LA CROÛTE TERRESTRE DANS LE BASSIN ERIÉ DUPUIS CINQUANTE ANS.

Si au lieu de prendre la moyenne d'un nombre d'années considérable, on prend celle de deux années, on peut aussi bien choisir deux paires d'années rapprochées ou écartées.

Si l'on compare les niveaux de 1858 et de 1859 (qui avaient la même hauteur) avec la hauteur de l'eau en 1860, on trouve que Port-Colborne s'élève plus vite que Cleveland de 0.34 de pied par année. Un changement aussi soudain provenant d'un mouvement terrestre causerait des tremblements de terre. D'un autre côté, si l'on compare le niveau de l'année 1877 avec celui de 1876, les chiffres indiquent que Port-Colborne s'abaisse plus rapidement que Cleveland sur le pied de 0.25 de pied par année ou vingt-cinq pieds par siècle. En choisissant les fluctuations moyennes embrassant une année entière, on peut obtenir les résultats les plus erratiques de hausse ou de baisse; et si l'on prend des mois ou des années, les résultats oscillent de zéro à des chiffres stupéfiants. Ceci disparaît cependant à un fort degré en prenant la moyenne d'un nombre considérable d'années avec quelques résultats remarquablement uniformes établissant la stabilité de la croûte terrestre aux chutes Niagara au cours des cinquante dernières années. Si au lieu de comparer les niveaux au cours des cinq ou quinze dernières années avec ceux des cinquante années qui ne montrent pas de différence, on compare les niveaux des lacs des cinq ou quinze dernières, avec la moyenne de toute la période de cinquante années, les chiffres sont du côté de l'abaissement à Port-Colborne, car, durant tout ce temps, les chiffres montrent seulement 0.10 de pied, chiffre si modique qu'il n'a aucune importance. Ceci confirme simplement la conclusion relative à la stabilité de la région.

PAS DE MOUVEMENTS TERRESTRES DANS LE BASSIN ONTARIO.

La hauteur de la plage Iroquois le plus près de la station du lac à Toronto est de 188 pieds; à Rochester, 188 pieds; à

Canastota, sur la ligne de direction d'Oswego, 194 pieds au-dessus du lac Ontario. Ceci inclut l'équation personnelle dans leur mesurage. Comme cette petite quantité de déformation a existé, s'il y en a eue, depuis l'époque Iroquois, il ne faut pas s'attendre que les fluctuations des lacs entre les stations indiquent des changements différentiells de niveau. L'uniformité des lacs en ces endroits a été discutée au chapitre XVIII où l'on voit que depuis 1865, les fluctuations moyennes ont varié de 0.05 de pied au plus de chaque côté de la moyenne et sont revenus presque à zéro; si bien que dans ce plan on n'a pas consigné de variation de mouvement terrestre.

FLUCTUATIONS MOYENNES ANNUELLES DU LAC ONTARIO ET DE LA RIVIÈRE ST-LAURENT.[1]

Année	Lac à Toronto	Ecluse 27 Galops rapids	Ecluse 27 en aval du lac	Ecluse 15	Ecluse 15 en aval du lac	Ecluse 14	Ecluse 14 en aval du lac
1861	247.05	.....	.....	.....	.....	155.26	91.79
1862	246.92	.....	.....	.....	.....	155.15	91.77
1863	246.50	.....	.....	.....	.....	154.80	91.70
1864	246.29	.....	.....	.....	.....	154.67	91.62
1865	246.03	.....	.....	.....	.....	155.55	90.48
	246.55	.....	.....	.....	.....	155.08	91.47
1866	245.62	.....	.....	.....	.....	154.34	91.28
1867	246.44	.....	.....	.....	.....	154.70	91.74
1868	245.17	.....	.....	.....	.....	153.79	91.38
1869	246.06	.....	.....	.....	.....	154.36	91.70
1870	247.20	.....	.....	158.74	88.46	155.00	92.20
	246.10	.....	.....	.....	.....	154.44	91.66
1871	245.84	.....	.....	157.62	88.22	154.26	91.58
1872	244.41	.....	.....	157.72	86.69	153.30	91.11
1873	245.53	.....	.....	156.56	88.97	154.09	91.44
1874	246.28	.....	.....	157.23	89.05	154.58	91.70
1875	214.96	242.76	2.20	157.62	87.34	153.64	91.32
	245.40	.....	.....	157.35	88.05	153.97	91.43
1876	246.76	245.50	1.26	158.43	88.33	154.73	92.03
1877	245.58	244.24	1.34	157.39	88.19	153.98	91.60
1878	246.10	244.04	2.06	156.09	90.01	154.38	91.72
1879	245.70	244.41	1.29	157.43	88.27	154.25	91.45
1880	245.51	243.55	1.96	155.96	89.55	153.97	91.54
	245.93	244.35	1.58	157.06	88.87	154.26	91.67

1 Données fournies par le maître du port de Toronto et les surintendants des canaux.

Le seuil a l'ancienné écluse 27 est 234.82; à l'écluse 115 il est 144.53; ecluse 14, 142.19 pieds au-dessus de la moyenne des marées (avec 0.75 ajouté pour correction). On a fait de légeres corrections du niveau moyen des écluses mais elles n'ont n'a pas d'influence sur les variations ou changement de niveau.

FLUCTUATIONS MOYENNES ANNUELLES DU LAC ONTARIO ET DE LA RIVIÈRE ST.-LAURENT.—*Fin.*

Année	Lac à Toronto	Ecluse 27 Galops rapids	Ecluse 27 en aval du lac	Ecluse 15	Ecluse 15 en aval du lac	Ecluse 14	Ecluse 14 en aval du lac
1881	245.14	243.76	1.38	156.09	89.05	153.65	91.49
1882	246.13	244.98	1.15	156.27	89.86	154.29	91.84
1883	246.31	244.88	1.43	156.86	89.45	154.37	91.94
1884	246.96	245.56	1.40	158.87	88.09	154.67	92.29
1885	246.59	245.15	1.44	158.20	88.39	154.36	92.23
	246.22	244.86	1.36	157.25	88.97	154.27	91.95
1886	247.31	246.02	1.29	159.11	88.20	154.92	92.39
1887	246.77	245.48	1.29	158.80	87.97	154.46	92.31
1888	245.56	244.21	1.35	157.50	88.06	153.90	91.66
1889	245.67	244.43	1.24	156.21	89.46	154.15	91.52
1890	246.73	245.36	1.37	156.86	89.87	154.99	91.74
	246.41	245.10	1.31	157.69	88.72	154.48	91.93
1891	245.77	244.47	1.30	157.83	87.94	154.43	91.34
1892	244.93	243.79	1.14	156.05	88.88	153.89	91.04
1893	245.49	244.26	1.23	157.71	87.78	154.19	91.30
1894	245.31	244.15	1.16	156.38	88.93	153.96	91.35
1895	243.81	242.81	1.00	155.12	88.69	153.10	90.71
	245.06	243.89	1.17	156.61	88.45	153.91	91.15
1896	244.06	243.24	0.82	156.09	87.97	153.20	90.86
1897	244.44	243.49	0.95	155.45	88.99	153.24	91.20
1898	245.03	243.68	1.35	155.43	89.60	153.52	91.51
1899	244.97	243.62	1.35	156.79	88.18	153.53	91.44
1900	244.91	243.61	1.30	155.85	89.06	153.44	91.47
	244.68	243.53	1.15	155.92	88.76	153.38	91.30
1901	244.73	243.44	1.29	155.97	88.76	153.33	91.40
1902	245.01	243.72	1.29	.....	.....	153.37	91.64
1903	245.54	244.62	0.92	.....	.....	153.56	91.98
1904	246.29	244.83	1.46	.....	.....	153.88	92.41
1905	245.91	244.48	1.43	.....	.....	153.65	92.26
	245.49	244.21	1.28	.....	.....	153.56	91.93
1861–90	246.10	.....	.....	.....	.....	154.42	91.68
1891–05	245.07	.....	.....	.....	.....	153.61	91.46
1861–05	245.58	.....	.....	.....	.....	154.01	91.57

Comme la plage Iroquois montre une élévation rapide (page 297) de Toronto au nord-ouest on peut s'attendre à trouver la preuve d'une élévation moderne du terrain dans les fluctuations du lac. A l'est de Toronto, il n'y a pas d'endroits où les niveaux du lac aient été pris sans interruption, jusqu'à l'ancienne Écluse No 27, à la tête des rapides Galops du St-Laurent, soixante-six milles en aval du débouché du lac Ontario.

Dans cette distance, la rivière est large avec une déclivité d'un peu plus d'un pied et par conséquent elle peut être considérée comme faisant partie du niveau du lac. Dans les fluctuations du lac entre cet endroit et Toronto on pourrait trouver les mouvements terrestres, s'il y en avait. Tandis que les notes à Toronto et à l'Écluse 14 plus bas dans le St-Laurent ont été obtenues sur une période de quarante-cinq ans, comme le montre le tableau, (page 346) celles de l'Écluse 27 embrassant une période de trente et un ans seulement. Dans le tableau les années 1875, 1878 et 1880 montrent des changements anormaux. Si on pouvait les omettre, les niveaux des années intermédiaires indiqueraient qu'à l'Écluse 27 la surface de l'eau a un niveau moyen de 1.30 pieds en aval de Toronto. Mais sans omettre ces mesurages anormaux, on trouve qu'entre 1881 et 1890 le niveau moyen de l'eau à l'Écluse 27 était de 1.33 en dessous du lac à Toronto; celui des dix années suivantes, de 1.16 pied; et un rapport durant les cinq dernières années porte à 1.28 pied, dans les limites de l'erreur arithmétique le niveau des cinq dernières années et celui des dix années se terminant en 1890 est raisonnablement le même, ce qui montre qu'il n'y a pas eu de soulèvement de la terre entre l'Écluse 27 et Toronto à 210 milles de distance. Dernièrement, un des chenaux de la rivière a été artificiellement obstrué, ce qui peut modifier les mesurages futurs.

Le tableau montre aussi que l'Écluse 14 est restée à 91.93 pieds plus bas que le niveau Ontario, de 1901 à 1905, tandis que de 1881 à 1890, il a été à peu près le même, ou de 91.94 pieds. Dans les niveaux de la période de cinq années terminé es en 1906 on a trouvé que s'il y avait un raclage au débouché, le niveau a été encore soulevé à cause de l'augmentation de pluie tombée—le creusage net s'élevant à 0.53 de pied (chapitre XIX, page 255). En conséquence cette quantité devrait être déduite de 91.93, laissant 91.40, chiffre inférieur à la différence moyenne de niveaux durant quarante-cinq années, de 0.17 seulement de

pied. C'est seulement 0.07 de pied de moins que celui de la période quinquennale qui se termine en 1865, le résultat étant dans le sens de l'affaissement de la région, si l'on peut attribuer une valeur quelconque à la petite différence, mais les chiffres sont si serrés qu'ils donnent l'idée d'une constance à la fin de quarante-cinq années.

Si les fluctuations de la dernière période quinquennale à l'Écluse 14 (Valleyfield) sont comparées à celles du lac à Toronto on peut observer qu'il s'est produit un changement considérable durant les dix années terminées en 1890 avec les chiffres du côté d'un soulèvement soudain de terrain. Mais dans le niveau moyen des cinq dernières années, il y a eu un retour à la relation qui existait autrefois dans les premières années citées. En conséquence, d'après les niveaux du lac, quoiqu'il y ait eu fluctuation, on a trouvé une stabilité de la région des lacs. Dans les deux cycles de dix années qui ont procédé le dernier cité, les fluctuations étaient dans le sens à la fois de l'affaissement et du soulèvement du terrain avec un retour aux conditions normales. Cet abandon et ce retour aux niveaux différentiels normaux entre deux points distants couvrent le cas d'oscillations de la croûte terrestre que l'on voit dans les fluctuations des lacs et établissent un résultat négatif, qu'il ne faut pas confondre avec la question de l'abaissement des débouchés provenant des mêmes données et discutés au chapitre XIX. Finalement on ne peut pas accentuer trop fortement que dans les chiffres des changements de niveaux des lacs, la stabilité de la croûte terrestre est établie bien qu'il y ait, dans quelques années, des variations visibles des conditions des niveaux des lacs.

ABSENCE DE MOUVEMENTS TERRESTRES AU DÉBOUCHÉ DU LAC HURON.

L'abaissement récent du lac Huron a été décrit au chapitre XVIII. A ce sujet, la preuve des mouvements terrestres peut

n'être pas séparable de celle du raclage du lit de la rivière. Dans cette région, comme on l'a trouvé au fond du lac Erié, l'inclinaison post-glaciaire est assez petite pour proscrire aucun changement considérable actuel, même si on peut le mesurer.

Savoir si la région des lacs intégralement s'élève on s'abaisse maintenant est une question en dehors des investigations actuelles, qui ont affaire aux mouvements différentiels ou aux inclinaisons influençant les débouchés des lacs, là où il y avait autrefois de grands mouvements.

Il est bon de signaler que le lac Supérieur n'est pas compris dans cette étude et les généralisations ne s'y appliquent donc pas quant au soulèvement ou à l'abaissement de la région.

IMPORTANCE DE LA STABILITÉ TERRESTRE.

L'étude actuelle des fluctuations des lacs a fait ressortir la stabilité du terrain dans la région des lacs adjacente aux débouchés d'Erié et d'Ontario. C'est un des problèmes les plus importants résolus par l'étude actuelle. Si les mouvements terrestres causaient un enfoncement de la terre vers les débouchés des lacs, cela faciliterait l'abaissement de l'eau et un drainage de la tête des bassins. D'un autre côté, si le terrain se soulevait, les eaux submergeraient les terres basses aux extrémités supérieures des bassins des lacs et le lac Erié pourrait se jeter dans le Mississipi. Aucun changement indiquant une déformation de ce genre ne s'est produite au cours des cinquante dernières années, bien qu'il y ait régné durant une époque antérieure quand les lignes de rivage abandonnées se sont inclinées et les eaux de l'Huron se sont jetées dans l'Erié. De fait la platière à l'embouchure du Niagara montre une baisse récente du niveau du lac mais elle est due au raclage et au creusage de la sortié.

ANCIENNE SUPPOSITION DE DÉTOURNEMENT FUTUR DU NIAGARA POUR REJOINDRE LE MISSISSIPI.

La dernière inclinaison des plages fait songer naturellement à la continuation du mouvement dont la conséquence serait le drainage des lacs d'En Haut dans la rivière Mississipi. C'était une conclusion logique avec un aspect sensationnel intéressant. En 1894, au sujet des études du Niagara, la barrière rocheuse près de la pointe Hubbard a paru si haute, qu'à moins d'avoir été soulevée, depuis que les chutes Niagara l'eussent dépassée en reculant les eaux auraient été détournées dans le Mississipi, ce qui aurait mis fin à l'existence des chutes[1]. Les mesurages ont été pris sur une carte topographique du service des lacs que l'on a depuis trouvée inexacte. En commençant le levé actuel et en faisant des mesurages plus exacts les résultats ont amené l'abandon des anciennes conclusions; mais c'était un peu avant que la stabilité actuelle de la région fût affirmée. Dans une occasion antérieure, le taux du soulèvement de la barrière rocheuse était évaluée à une intensité telle que la rivière Niagara aurait été drainée jusqu'à Buffalo avec les eaux Niagara détournées dans le Mississipi en 5,000 années—durée qui aurait été réduite à 3,560 années si les mesurages avaient été ramenés du type du bord rocheux des rapides d'En Haut.

Deux années après cet énoncé par l'auteur, le Dr Gilbert[2] a adopté la même idée pour les mouvements terrestres, mais a essayé de prouver la question *de novo* par les fluctuations des lacs. Si étrange que cela soit, ses conclusions que les chutes Niagara cesseront d'exister en 3,500 ans coïncident étroitement avec les miennes si on les réduit aux mêmes données.

Il a choisi trente-six jours pris irrégulièrement entre le 20 août et le 30 octobre 1858 et en prenant pour ces jours les niveaux, il a comparé la hauteur de l'eau à Cleveland et à

1 "Duration of Niagara Falls," by J. W. Spencer, pp. 471–2.
2 18th Annual Rept. U. S., Geological Survey, Part 2, p. 622, 1897.

Port-Colborne sur trente-trois jours choisis aussi irrégulièrement entre le 28 juin et le 18 août. Par suite, il a conclu que Port-Colborne avait monté de 0.239 de pied ou sur le pied de 0.65 de pied par siècle, de plus qu'à Cleveland.

De son travail je déduis qu'il a choisi les jours de bas niveau quand il jugeait que le vent soufflait le plus doucement. Mais l'effet de cela a été que les niveaux pris depuis 1895 étaient 0.03 de pied en dessous de la moyenne de ceux des trois mois d'où il a choisi, tandis que ceux adoptés sur 1858 étaient de beaucoup inférieurs à la moyenne des mois où on les choisissait. On ne voit pas pourquoi on n'a pas pris les moyennes dans les deux cas ou pourquoi les niveaux des mois d'automne où la vélocité des vents est de vingt-cinq pour cent plus forte qu'en été n'a pas été comparée à celle des mois de brise légère. S'il avait comparé les mois d'été dans les deux cas en prenant les niveaux moyens, la différence aurait été de 0.04 au lieu de 0.239. Mais dans ce cas, s'il avait pris les moyennes de mois entiers réellement employés, la quantité de hausse se serait montée à 0.03 de pied seulement en trente-sept ans ou 0.08 de pied par siècle, mais on ne peut calculer une si petite différence. De fait, il reconnaît lui-même une erreur possible en plus ou en moins de 0.057 ce qui donne une portée de plus d'un dixième de pied. Ce choix de jours et de saisons indiquant un mouvement ascensionnel du district Niagara qui, s'il était continué détournerait les eaux Niagara dans le Mississipi dans un avenir prochain, doit céder la place à l'analyse de données complètes couvrant les niveaux moyens de milliers de jours espacés de cinquante années et qui établit la stabilité de la région des lacs durant ce temps. Les données pour la comparaison des fluctuations sont données dans ce chapitre, tandis qu'on trouve les variations mensuelles dans les tableaux 1 et 2, Annexe V.

Dans le bassin d'Ontario, le Dr Gilbert compare les niveaux de quatre jours seulement en tout, en les prenant des mois d'août, septembre et octobre 1896 avec quatre jours choisis

irrégulièrement entre le 17 avril et le 9 juin 1874 au havre de Sackett et à Charlotte, concluant que Sackett Harbour avait monté de 0.061 de pied. Comme on l'a montré dans une analyse plus considérable cette quantité est négligeable, les observations étant trop peu nombreuses. Même il n'en était pas ainsi, les notes des fluctuations moyennes pour bien des années aux rapides Galops montrent qu'il n'y a pas eu de soulèvement de la croûte terrestre durant les trente dernières années (ce chapitre, page 348). Le même auteur a calculé les changements du lac Michigan en comparant ceux de quelques jours de juillet et d'août 1876 avec un grand nombre entre la fin de juillet et la fin d'octobre 1896. Mais ce district est en dehors du ressort de ce travail et n'influencerait pas les chutes Niagara.

D'après la preuve plus complète maintenant mise au jour on peut répéter ici qu'il n'y a pas la moindre indication de mouvements terrestres propres à détourner les eaux du Niagara vers le Mississipi en inondant Chicago. Nous ne pouvons pas davantage prédire si les futurs changements seront des mouvements dans le sens ascensionnel ou descendant.

Hors de la portée de ce livre, la question de stabilité terrestre établie dans la grande région des lacs, de l'intérieur du continent, peut avoir de la valeur pour les autres problèmes de géologie physique.

CHAPITRE XXXII.

RETRAIT DES CHUTES NIAGARA.

Préface.
Retrait actuel.
Hauteur efficace des chutes en retrait.
Anciens changements dans la hauteur des chutes.
Variations dans le volume de l'eau.
Débit différentiel du bassin Erié.
Lois d'érosion.
Caractère du chenal de rivière original.
Effet de la vallée Falls Chippewa sur le retrait.
Retrait des chutes américaines.
Effets de la structure rocheuse.
Hauteur et volume des chutes à leur naissance.
Augmentation de la hauteur des chutes et établissement de la seconde cataracte.
Affaissement des eaux à la terrasse Bell.
Niveau du rivage Iroquois.
Union des deux cataractes d'en haut en amont dess Foster flats.
Chutes Medina ou troisièmes et leur grande hauteur.
Augmentation de volume du Niagara à Foster flats.
Fin efficace des chutes Medina—chenal moins profond en aval du Whirlpool.
Augmentation de la hauteur effective des chutes en amont des Foster flats.
Conclusions à l'égard des stages de retrait.

PRÉFACE

Les nombreux chapitres précédents étaient nécessaires à la préparation de celui-ci, afin d'élucider le caractère du retrait des chutes Niagara, leurs variations historiques, leur puissance et la détermination de leur âge. Ce chapitre paraît s'écarter beaucoup de celui qui a trait aux lignes de retrait, mais l'histoire a été si complexe qu'il est impossible de comprendre le travail des chutes avant d'avoir étudié les divers conditions et phénomènes qui ont accéléré ou retardé le recul de la cataracte.

En résumé le retrait des chutes dépend de trois facteurs:—Leur hauteur, leur volume, et le caractère des formations rocheuses qui sont affouillées par le courant. Les chutes ont retraité à travers une région très égale, surmontant des formations rocheuses presque horizontales possédant un haut degré d'uniformité comme on l'avait constaté dès 1789 (Ellicott). Peu de personnes ont supposé que le retrait n'était pas uniforme et encore moins songent que toute l'histoire qui a trait à ce que l'on appelle communément un phénoménè naturel n'a

pas été dite. L'histoire a été partiellement prévue dans la découverte que le volume et le débit de l'eau n'a pas toujours été le même et que quelques uns des traits ont changé dans une certaine mesure.

RETRAIT ACTUEL.

Bien que la forme des chutes ait été esquissée en 1819, le retrait réel n'a pas été mesuré qu'entre les années 1842 et 1905. Durant ces soixante-trois années, sept acres et trois quarts ont disparu. La longueur de la gorge aux chutes est de 1,200 pieds, dont l'excavation est entièrement due à la cataracte. On trouve que le retrait moyen durant ces années est de 4.2 pieds par année, tandis que, durant ces quinze dernières années, il a été réduit, à 4.54 (page 38 chapitre III). Il faut tenir compte qu'il y a des années de recul inappréciable, suivies d'autres où de grandes étendues se sont éboulées.

HAUTEUR EFFECTIVE DES CHUTES EN RETRAIT.

On peut prendre la hauteur des chutes, de la crête de la Première cascade ou Greens des rapides d'En Haut qui est à 312 pieds au-dessus du lac Ontario ou à 212 pieds au-dessus de la surface de la rivière dans la marmite d'en-dessous (comme le montre la coupe longitudinale figure 28).

Mais dans les rapides d'En Haut, le travail d'érosion de la rivière est excessivement lent, si bien qu'en comparaison avec celui de la cataracte principale, il représente une quantité presque négligeable. L'accélération de vélocité de l'eau ajoute quelque chose à la force de la colonne descendante; mais en raison des monticules et blocs soulevés dans le lit des rapides, la force est entravée spécialement sur une portion considérable de la hauteur où l'eau n'est pas profonde. En conséquence, le gain théorique en puissance par la descente de l'eau sur les rapides d'En Haut est beaucoup réduite. Sur le côté des chutes canadiennes, la hauteur est de 158 pieds et dans le centre du

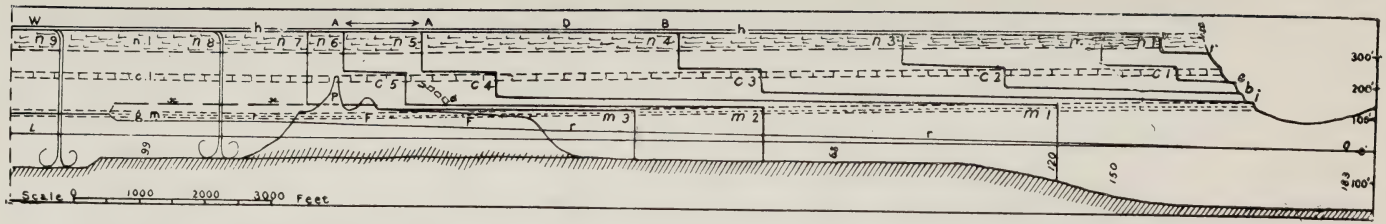


Fig. 28—Coupe longitudinale de la gorge Niagara montrant le retrait des chutes. Fig. 22 montre les traits du Whirlpool jusqu'à la pointe Hubbard, Fig. 3 et la coupe transversale montrent les caractéristiques de la gorge. Les couches dures résistantes formant les chutes sont ombrées; calcaire Niagara (n. l.); calcaire Clinton (c. l.); le grès gris Medina (g. m.); E. Fin de la gorge; B, courbe du cañon en aval de Devils Hole (D); W, Whirlpool; A—A. position de Wintergreen flat; F F., Foster flat; P. Pointe Wilson (où les cataractes Niagara et Clinton se sont réunies; d éperon de la terrasse Wilson abattue. Sur la bande Clinton, de P à plus bas que c5 un restant du plancher du chenal Niagara supérieur; c 2 2 surface actuelle de la rivière; L O., niveau du lac Ontario; h h h, surface originale de la rivière et du lac Ontario; r, terrasse Roy; e, Elridge flat; b, terrasse Bell; i, plage Iroquois. Sondage plus bas que le niveau de la rivière.

Chutes originales, trente-cinq pieds de hauteurs reculées à n1. Deux cataractes créess à n2 et c1 (hauteur totale 120 pieds); reculant à n3 c2 (hauteur totale 150 pieds); reculant à n4 c3 avec la rivière se déchargeant dans le lac Iroquois; déclivité 190 pieds. La hauteur moyenne des chutes d'En Haut en reculant de n1 à n6 était de 105 pieds.

Le lac s'est beaucoup abaissé avec l'établissement des chutes Medina (troisième cataracte m. f.) haute à un moment de plus de 300 pieds et retraitant rapidement dans le schiste; n5 (chutes d'En Haut), cascadant sur un débris de terrasse Wilson, d'où les chutes (c4) Clinton descendaient au plancher des Foster flats avec la rivière plus bas cascadant sur les chutes Medina. (La partie intérieure du plancher intermédiaire maintenant enlevée en aval des Foster flats) n6 n5 n3 les trois cascades en retrait, ceci étant le dernier stage des chutes d'En Haut avant leur union avec la seconde cataracte. n7 chutes Niagara et cataracte Clinton réunies (déclivité de plancher à plancher, 240 pieds) avec chutes Medina à ou en aval de m3.

n8. La rivière grandement augmentée de volume se frayant un passage dans le plancher des Foster flats et creusant un chenal profond avec la surface de la rivière en xx n8. Les Chutes raclant le Whirlpool; les Foster flats tranchés maintenant par la troisième chute, abaissant ainsi le niveau de la rivière et facilitant l'excavation plus profonde du Whirlpool en remontant.

Les positions n1, n6 et n7 établies nettement et aussi m1; les points intermédiaires insérés d'après les traits de la gorge, terrasses et élévation de bande dure. n8 localise d'après l'augmentation de largeur et de profondeur du chenal; n9 d'après l'augmentation de profondeur de la rivière nécessitant l'entaille des Foster flats pour l'abaissement de sa surface. Entre n1 et n6, le ravin Smeaton fournit une preuve intermédiaire de la hauteur des chutes d'En Haut.

sommet, elle est de 175 pieds. Le vieux plancher du parc est si près à 180 pieds au-dessous du lac Ontario que l'on peut prendre sa hauteur comme base efficace dans le creusage de la gorge avec la rivière à son niveau actuel, ce qui explique l'augmentation de vélocité.

Cette hauteur efficace de 280 pieds au-dessus du lac Ontario s'applique à une distance de 7,000 pieds au nord de l'emplacement actuel des chutes, tandis qu'en montant au col de la pointe Hubbard, le plan de la rivière allant jusqu'à l'embouchure de la gorge était généralement proche de 317 à 320 pieds. Mais les changements dans la gorge ont amené des variations dans la hauteur des chutes. La hauteur a ainsi augmentée, si bien que quand elles étaient à la pointe Hubbard, la déclivité était de 270 à 280 pieds. Au sud de cette pointe, la déclivité était de 240 pieds avant le barrage des rapides Whirlpool, après quoi la déclivité efficace est amenée à 180 pieds.

Le lit de la rivière, un peu en aval des chutes consiste en un chenal extérieur avec des profondeurs efficaces respectives de 80 à 100 pieds et un chenal de 192 pieds. Ce double chenal n'est pas caractéristique sous les chutes, mais on connaît son existence depuis l'angle de la tablette de l'île Goat, sur une distance de 2,800 pieds jusqu'à l'anse Carter (planche XXXVIII. A) où se trouve l'extrémité de la plateforme noyée inférieure. A quoi est dû ce chenal plus profond? Il est situé devant les chutes américaines et en avant.

Comme les effets de l'érosion sont proportionnels à la hauteur et au volume de l'eau sur les mêmes matériaux et comme le chenal le plus profond est creusé uniquement dans les schistes tendres, l'augmentation de soixante pieds de hauteur des chutes en amont des rapides Whirlpool, avant le soulèvement à ce point de la rivière, suffit pour expliquer la grande profondeur de la rivière, en amont de cet endroit. Il peut paraître remarquable que le recomblement des rapides Whirlpool ait été aussi récemment complété que le montre le phénomène.

Mais, d'un autre côté, si tel était le cas, l'action mécanique et le léger pouvoir dissolvant de l'eau auraient beaucoup réduit ces obstructions. De plus, comme il a déjà été indiqué, l'éboulement des murs est là si récent que le cours d'eau appelé Muddy run n'a pas encore même fait un commencement de gorge dans les schistes auprès du Détroit du Whirlpool. Si étrange que cela puisse paraître Kalm dit en 1750 que "cette chute est devenue de plus en plus petite" en parlant de la hauteur des grandes chutes Niagara.

Les rapides d'En Haut ont apparu seulement après que les chutes eurent passé la pointe Hubbard qui, en retraitant au sud se sont enfoncées de plus en plus dans la vallée Falls-Chippawa. Dans les premiers jours de ces rapides la profondeur de l'eau était beaucoup plus considérable que maintenant dans le chenal du côté de New-York de l'île Goat comme on le voit sur les berges désertes de ce côté. Le creusement du chenal canadien des rapides d'En Haut a été causé aussi par la rivière s'insinuant au sud dans et sur le flanc de la vallée ensevelie Falls-Chippawa et par la baisse corollaire de l'eau du chenal New-York adjacent à l'île Goat. Là aussi, il y avait des îles où il y a maintenant des rapides (comme le montrent les fragments qui restaient encore en 1799 et 1813.) Conséquemment le cours des chutes principales était près de la tablette de l'île Goat. L'eau était concentrée, dans l'alignement du chenal profond interne, observé dans les sondages avec l'augmentation des chutes américaines cascadant dans leur flanc. La terrasse submergée en amont de l'anse Carter était en grande partie formée par un large empiètement latéral de la rivière sur le flanc occidental du cañon. Ceci a amené un profond escarpement dans le mur opposé des chutes américaines. L'élargissement a été produit en partie par l'action de l'eau s'avançant sur la tablette occidentale (comme elle fait actuellement sur la tablette de l'île Goat) après le recul des eaux dans la gorge par suite de l'obstruction des rapides Whirlpool.

Aux rapides Whirlpool et au débouché Whirlpool la déclivité est de cinquante-neuf pieds avec vingt pieds de plus aux rapides Foster. En aval de cette section la déclivité de la rivière est presque de vingt pieds de plus. Le chenal des rapides Whirlpool était comblé en partie au retrait des chutes en amont de cette section; mais l'obstruction finale qui a donné naissance aux rapides s'est produite tout dernièrement, par suite de l'éboulement des falaises à pic qui surplombaient l'étroite gorge. Théoriquement, la profondeur du débouché Whirlpool devrait être de 100 pieds, mais elle est probablement réduite par un collier comme on en voit dans le rétrécissement du cañon en cet endroit. La contrepartie de cette structure supposée existe dans les débris du col à la pointe Wilson sur les Foster flats. Mais la majeure partie de la barrière doit être formée de roches qui sont tombées dans le chenal à une profondeur considérable et qui ont diminué la coupe de la rivière de façon à produire une chute de sept à huit pieds à la bouche du Whirlpool. Du Whirlpool à Foster, la grande chute tombait de 240 pieds avec la surface de la rivière plus élevée qu'avant de quarante pieds. La hauteur du Whirlpool aurait été la même, si les matières meubles n'avaient pas été vite balayées avec la formation des grands rapides. A Foster flats, la rivière est obstruée, mais là, les amas viennent assez près de la surface pour donner naissance à d'autres rapides. La hausse du lac Ontario en réduisant le courant a été favorable à leur formation.

La hauteur effective des chutes avant qu'elles atteignissent la tête des Foster flats est évaluée aux pages 370 et suivantes.

CHANGEMENTS ANTÉRIEURS DE LA HAUTEUR DES CHUTES NIAGARA.

La déclivité actuelle de lac à lac est de 326 pieds. Comme le niveau de l'Erié était à peu près le même qu'aujourd'hui, la hauteur des chutes de la pointe Hubbard au nord était de

260 à 280 pieds, tandis que les rapides Whirlpool n'étaient pas montés à leur niveau actuel. De fait, le niveau de la rivière, sauf temporairement dans le voisinage du Whirlpool et en amont de la pointe Hubbard a correspondu approximativement à l'élévation du lac Erié depuis la naissance des chutes. Le changement de hauteur dépend de celui du lac Ontario. L'infériorité de hauteur entre la pointe Hubbard et les chutes provient de ce que la rivière a pris possession du chenal préglaciaire Falls-Chippawa plus profond, qui s'est rouvert quand les chutes eurent enlevé les encombrements qui faisaient barrière à la pointe Hubbard. De grands changements sont survenus dans les niveaux Ontario et ils ont amené des changements dans la descente des divers éléments des chutes Niagara.

Quand a commencé le drainage du bassin Erié au bassin Ontario, la rivière s'est graduellement frayé sa voie parmi les collines irrégulières et quand il a été complètement établi, les deux lacs étaient presque au même niveau; mais Ontario s'est subitement enfoncé de quelques pieds. On a trouvé que des fragments de l'ancien plancher de la rivière forment des terrasses qui ont été couvertes par deux et peut-être quatre pieds d'eau. La première de ces terrasses marquant l'affaissement des eaux d'Ontario a été la Roy qui se termine dans le delta juste en aval du monument Brock, dont la terrasse est à 287 pieds au-dessus du lac Ontario (page 209).

La baisse suivante du lac s'est produite au flat Elridge à 200 pieds; un autre abaissement de 174 pieds est survenu à la terrasse Bell; puis, à la plage Iroquois, 137 pieds; ensuite un autre de soixante-quinze pieds à peu près tandis qu'un ou deux autres survenaient à un plan un peu plus bas au-dessus du niveau actuel du lac. Cet affaissement des eaux Ontario s'est continué même plus bas que le niveau actuel, jusqu'à ce qu'un chenal de 183 pieds avait alors presque 509 pieds comme elle a été découverte; mais le fond du chenal profond est

certainement caché par les dépôts de rivière, si bien que la profondeur qui serait naturellement prise pour l'eau dans le chenal peut être presque fournie sans grande diminution de hauteur. Mais, supposons que la déclivité était de 500 pieds au lieu de 326 pieds comme elle est aujourd'hui.

Cette augmentation de hauteur s'est cependant ajoutée à la puissance efficace de la troisième cataracte seulement et à la construction du grand chenal en aval de la fin de la gorge sur une distance de presque douze milles. Elle n'a jamais produit d'accélération du retrait de la cataracte principale, mais quand la cataracte eut reculé d'un mille et quart dans la gorge, les eaux du lac avaient monté et noyé le chenal profond nouvellement fait et cela était bien avant le raccordement de la cataracte Médina aux chutes principales. La quantité de cette hausse n'est pas absolument déterminée car cela exigerait l'établissement réel de l'identité entre les terrasses qui paraissent semblables dans les rivières St-Laurent et Niagara. Il est assez probable que les terrasses St-Laurent peuvent plonger et passer sous le lac. Dans ce cas même les terrasses du Bas Niagara appartiennent à l'abaissement original de la rivière, sauf celles qui frangent l'embouchure de la rivière à une hauteur de cinq pieds plus ou moins. Cette incertitude n'a pas d'importance cependant, car le retrait des chutes peut facilement être déterminé au moyen de la cataracte supérieure bien qu'à une époque ou une autre il y avait trois chutes au lieu de la seule grande qui existe maintenant. N'était ce fait, il serait absolument inutile d'essayer de distinguer le travail exécuté par la rivière durant les épisodes de moindre importance de son changement de hauteur. Mais on peut maintenant déterminer le retrait des chutes Niagara durant tous les stages.

VARIATIONS DANS LE VOLUME DE L'EAU.

On connaît maintenant le débit approximatif de la rivière Niagara. Le volume peut varier d'un pourcentage assez

fort; ainsi, le 7 octobre 1858, il atteint 292,000 pieds cubes par seconde tandis que le 28 février 1902, il est tombé à 150,000 pieds cubes par seconde (page 269). De même il y a eu beaucoup de variations entre des années différentes; tandis que le volume moyen entre 1891 et 1895 était de 204,000 pieds cubes.

Bien que l'on ait observé la baisse de l'eau àu début des premières notes fragmentaires entre 1830 et 1854 en raison de l'abaissement du débouché, rien n'y fait prévoir que les anciens niveaux se releveront, bien qu'ils varient beaucoup. La chute de pluiè moyenne pour les années 1891 et 1905 était un peu moindre qu'auparavant, mais, de 1901 à 1905 il a augmenté de nouveau jusqu'à dépasser la quantité primitive. De toutes les conditions possibles, le débit moyen de 1891 à 1905 est le meilleur mesurage de tout ce temps.

On a dit plus haut que le volume du Niagara avait aug menté quand il y avait des glaciers sur les hautes terres canadiennes qui avait fondu et charrié les eaux de bien au delà des lacs dans la rivière.[1] Mais, en trouvant que le Huron ne s'est pas jeté dans l'Erié avant ces derniers temps, quand il n'y avait pas là de débit glaciaire, on a complètement réfuté cette hausse théorique de l'eau du Niagara et établi le fait que la rivière Niagara était beaucoup plus petite que maintenant (chapitre XIV et XVII) parce qu'il recevait seulement les eaux de pluie de l'Erié qui dura depuis la naissance des chutes que le drainage Huron y fût finalement détourné, jusqu'à ce ce qui constitue le stage Erié.

Quelque temps après l'addition des eaux Huron, il y avait le léger détournement du drainage Michigan par le débordement de Chicago vers le Mississippi. Cela a partiellement réduit la gorge Niagara de 1,200 pieds, si bien que la rivière s'est enfoncée dans la dépression préglaciaire sans profondeur aux rapides Whirlpool et a restreint là la largeur du cañon à 800 pieds au moins avec très peu d'eau coulant sur le

*Proc. A.A.A.S., Vol. XXXV p. 222–3, 1887.

plancher adjacent de la rivière en dehors de la gorge. Même si l'on compare la largeur relative de la gorge plus large à ce qu'elle est ici, le détournement n'attendrait pas un tiers du volume. Mais, comme l'eau a été retirée seulement de la partie moins profonde la réduction du volume n'a pas pu être aussi grande. De fait le détournement seul n'aurait pas pu retrécir le cañon (car un volume de sept pour cent seulement de la totalité de celui de la rivière aux chutes américaines, montre maintenant une largeur d'un millier de pieds).

En se basant sur le volume de la rivière Niagara, l'histoire des chutes peut se diviser en deux époques: l'une quand le bassin Erié fournissait seul l'eau et l'autre quand tous les lacs d'En Haut se vidaient par la rivière.

DÉBIT DIFFÉRENTIEL DU BASSIN DU LAC ÉRIÉ.

Le stage Erié a été de longue durée. Quel était alors le volume de la rivière? Comme la superficie proportionnelle du bassin Érié est 16 pour cent de celle des quatre d'En Haut et comme leur chute de pluie est 17.7 pour cent (page 231, chapitre XVII) on peut en conclure que l'ancien volume du Niagara peut être mis à l'un ou l'autre de ces chiffres. Mais il y a là plus d'évaporation que dans les lacs d'En Haut, par conséquent, d'après les mesurages de pluviosité, le volume différentiel devrait être réduit. Cette question a été soigneusement étudiée par M. Russell et par moi (page 266). Sa conclusion est que le débit différentiel du lac Erié est approximativement 16.7 pour cent, de celui des quatre lacs d'En Haut. J'ai déduit celui de l'Érié des fluctuations des lacs durant les années 1891-1895 et je trouve que le stage Érié du lac était seule-15 p.c., ment du débordement actuel. Ce problème de détermination de la valeur de débordement de l'Érié a été enfin résolu d'une façon satisfaisante au chapitre XX. En conséquence, dans mes calculs, ce débit du bassin Erié sera considéré comme le pour centage de celui des deux lacs d'En

Haut. Cette question surgit: quelle proportion de la gorge a été creusée durant les périodes Erié et Moderne?

LOIS D'ÉROSION.

D'après les lois mathématiques, l'érosion est proportionnelle à la hauteur des chutes et au volume de la rivière si les autres conditions restent constantes. Le volume peut-être plus grand à un point qu'à un autre, ce qui produit un chenal central plus profond qui peut encore être élargi par des éboulements d'un des côtés par l'affouillement. Les débris peuvent être assez accumulés pour protéger les points de contact là où l'eau imprègne le lit de la rivière sans parler du changement de la nature des fondations du chenal. Ceci conduit alors à l'examen de la nature des formations dans lesquelles les chutes ont creusé leur tranchée.[1]

NATURE DU CHENAL ORIGINAL DE LA RIVIÈRE.

Dans la section du cañon de la rivière Niagara, sauf aux rapides supérieurs, à la pointe Hubbard, juste en aval du Whirlpool et en amont de la fin de la gorge, la rivière coule sur un manteau de matériaux de transport. Des rapides d'En Haut à la pointe Hubbard le cours est celui d'un chenal préglaciaire rempli de transport qui, au retrait des chutes en passant cet endroit a été enlevé de façon à mettre à découvert la roche sous-jacente avec le côté en pente de la vallée ensevelie Falls-Chippawa, vallée qui est devenue le plancher des rapides d'En Haut après seulement qu'ils eurent passé la pointe Hubbard, 8,600 pieds en aval de l'emplacement actuel des chutes. La barrière rocheuse du débouché du Whirlpool est restée intacte forçant l'ancien chenal Whirlpool qui était pré-glaciaire à retenir son matériel de remplissage de transport.

1 L'érosion varie avec la masse et le carré de la vélocité (M V^2) $V^2 = 2$ g h (pesanteur et hauteur). Comme la gravité est annulée on trouve que l'érosion varie directement avec le volume et la hauteur.

Mais quand les chutes ont traversé le flanc de la gorge préglaciaire, le transport a été graduellement balayé par l'eau.

En amont, aux rapides Whirlpool, il y avait un chenal sans profondeur qui escortait les courants pour les mener à gorge étroite, ce qui causait le rétrécissement de l'abîme quand le surplus de l'eau coulant sur le plancher latéral était abaissé par le drainage Chicago. Un résultat très important du levé actuel est l'établissement du fait que la gorge des rapides Whirlpool était excavée dans la roche solide et que la vallée préglaciaire de grande profondeur n'atteignait pas près des chutes, bien qu'elle se prolongeassent dans le Whirlpool.

En aval du Whirlpool, la rivière croise une barrière rocheuse légèrement élevée et aussi une autre, près de l'extrémité de la gorge, près desquelles il y a un élargissement de la rivière en forme d'étang avec une île basse et c'est à ces deux traits qu'est dû le ravin Smeaton.

L'effet de la vallée a été généralement favorable à un retrait uniforme de l'extrémité de la gorge à l'embouchure du Whirlpool, de là au millieu de la gorge, à la pointe Sinclair, 800 pieds, il y avait seulement un remplissage de drift, c'est pourquoi le temps de la reéxcavation est négligeable. De la pointe St-Clair à la tête du remous, l'excavation des chutes commençant dans des matières de drift a atteint la largeur moyenne, mais s'est retrécie à un chenal étroit ce qui a concentré la force de l'eau après le détournement partiel du débordement Chicago—condition favorable à l'approfondissement rapide du chenal, mais d'un autre côté son étroitesse a fourni plus de résistance aux forces d'excavation. Il n'est donc pas probable qu'il se soit produit de grands changements dans la variation de la marche, car les eaux de la portion latérale seulement du chenal ont été détournées du débit Niagara. En même temps, le chenal extérieur, qui dans cette section était aussi large que le chenal en amont et en aval a été presque entièrement mis à sec.

EFFETS DE LA VALLÉE FALLS-CHIPPAWA SUR LE RETRAIT.

A la pointe Hubbard l'épaisseur de la couverture de calcaire a augmenté, mais au sud de cette pointe elle est encore réduite en raison de dépressions superficielles.

Comme les chutes reculaient au sud depuis la pointe Hubbard, le chenal se creusait constamment à mesure que le drift était enlevé par l'eau car la pente de la vallée Falls-Chippawa s'accentue en allant au sud (page 175, chapitre XIII). Il semble donc que le travail des chutes s'accélère un peu. Mais elles sont arrivées maintenant à l'endroit où la vallée rouverte, commence à s'ensevelir et la ligne de crête se détourne de son cours actuel et commence à remonter le versant de la vallée ancienne ce qui donne naissance aux rapides d'En Haut au lieu que la crête continue à s'avancer dans la vallée préglaciaire.

Le long de ce cours, les chutes rencontrent continuellement une couche plus épaisse de calcaire Niagara qui les couvre et qui, en raison de son plongement réduit la hauteur à laquelle montent les schistes sous-jacents. Cela donne une structure plus forte et plus résistante. Une grande partie de la dernière réduction dans le retrait est probablement due à ce trait. C'est aussi pourquoi, à l'avenir, je m'attends que la marche du retrait soit retardée jusqu'à ce que les chutes aient passé la ligne de la cataracte Greens ou Première Cataracte. Après cela les rapides d'En Haut s'abaisseront quand le chenal entaillera le bord dur.

RETRAIT DES CHUTES AMÉRICAINES.

Il est très lent et se monte à 0.6 d'un pied par année. Le volume est porté à sept p.c. seulement de celui de toute la rivière, on peut s'attendre à voir cette quantité soustraite de la cataracte principale réduise un peu la marche du re rait des plus grandes chutes. Les chutes américaines tombent sur

une accumulation de blocs délogés si bien qu'elle ne creusent pas le chenal.

EFFETS DE LA STRUCTURE ROCHEUSE.

Dans une certaine mesure, le retrait des chutes Niagara s'accomplit par le déchaussement des couches supérieures le long de la lisière de la crête (page 37). De plus, les courants des rapides d'En Haut ont peu d'effet, sauf de dissoudre et d'ouvrir les lignes de jointage, ce qui facilite l'attaque des courants puissants sur les massifs de front du calcaire rocheux. Autrement le retrait se produit par l'affouillage dans les schistes tendres qui forment la base du mur de la gorge. Comme on l'a trouvé au moyen de sondages, dans une portion considérable de la largeur de la gorge, les forces actuelles de la rivière ne traversent pas les grès durs Medina qui sont à presque quatre-vingt-dix pieds en-dessous de la surface de la rivière. Les sondages sous la Grande Cataracte montrent que leur pouvoir d'excavation ne dépasse pas 80 à 100 pieds. En dessous de la tablette Goat Island le grès gris a été traversé à une grande profondeur. Là où les forces des chutes étaient les plus solides, elles ne perçaient presque même pas le grès dur Medina, mais elles atteiganient aux plus forts sondages qui, cependant, ne pouvaient être pratiqués que lorsque la rivière était le plus basse. Comme de grands amas de roches sont tombés sur la tablette plus élevée depuis les premiers levés il est très probable que quelques-unes sont restées et protègent la plus haute tablette sous les quatre-vingts pieds d'eau.

Les formations possèdent une nature remarquablement uniforme dans toute la gorge, mais le grès gris Medina demeure plus bas que la surface de la rivière jusqu'à ce qu'on atteigne l'embouchure du Whirlpool. La profondeur de la rivière en amont du pont Cantilever est de 186 pieds ou bien en dessous de la zone du grès. Dans les rapides Whirlpool, le chenal atteint une profondeur indentique bien que, depuis, il ait été

comblé par des roches qui se sont éboulées des flancs de la gorge. Le Whirlpool est aussi profond. En conséquence, la rivière en amont de cet endroit a un chenal uniforme allant jusqu'à quatre-vingt-dix pieds en-dessous du niveau du lac Ontario, ce qui montre la persistance de la force de pénétration des chutes en aval de la tablette de l'île Goat jusqu'au Whirlpool.

Toutes ces particularités ont trait à la rivière Niagara durant son histoire moderne. La structure rocheuse en aval de cet endroit n'influence pas son histoire récente, car tous les lits plus résistants sont à une hauteur considérable au-dessus de la rivière. Tandis que la fondation de calcaire du haut de la rivière a beaucoup varié en raison de ses traits topographiques, elle s'amincit à l'extrémité de la gorge.

HAUTEUR ET VOLUME DES CHUTES À LEUR NAISSANCE.

A l'affaissement du lac Ontario au-dessous du niveau de l'Érié il y a eu une baisse soudaine de trente-cinq pieds à peu près. Puis une terrasse s'est formée qui a maintenant 900 pieds de longueur et longe la rivière en remontant. L'extrémité septentrionale saillante (450 à 500 pieds, au delà de la ligne de la "montagne" est couverte d'un dépôt de delta formé par les accumulations de la rivière couvrant les lits sous-jacents, tandis que les 450 pieds plus au sud sont taillés dans la formation rocheuse, comme le montre la Planche XXVIII. Les chutes, à leur naissance, avaient donc, une hauteur de trente-cinq pieds et l'épisode a été assez long pour que le cañon naissant commence à se former. Sur la distance de 450 pieds qui peut lui être assignée, une portion semble due à la dépression topographique plus ancienne dans le bord de l'escarpement. Comme la rivière tombait dans le lac, il régnait de l'action de vagues ainsi que des courants de rivière; en conséquence, l'excavation due aux chutes ne s'élève pas à la quantité qui précède, tandis que le dépôt de delta s'étendait

tout le long de la terrasse. Là, la coiffe de calcaire Niagara a été entièrement enlevée et le plancher de la terrasse s'etablessait sur de schistes Niagara. Ce niveau de l'eau a occupé une durée considérable comme le prouve une ligne de rivage bien nette (page 207). Au retrait des eaux du lac il paraît y avoir eu un court espace de temps pour permettre la structure d'une autre terrasse accessoire.

La largeur de la rivière doit avoir atteint 1,400 pieds, bien que cette largeur puisse avoir été réduite par la chute subséquente des murs sur la berge de l'est. La profondeur moyenne de l'eau aux chutes américaines modernes est portée à 1.5 pied et son volume ne dépasse pas sept pour cent de celui de toute la rivière aujourd'hui. La rivière originale ayant une largeur plus considérable que celle des chutes américaines et un plus fort volume d'eau (quinze pour cent), les chutes Niagara à leur naissance durent avoir eu une profondeur d'eau un peu plus grande que les cataractes américaines plus petites d'aujourd'hui.

La terrasse montrant la hauteur des chutes Niagara à leur naissance se voit à la planche XXCIII, page 209. Celle-ci, étant densément boisée on ne voit pas aussi bien la forme terrasse que lorsqu'elle a été examinée sur le sol.

C'est la première fois que les chutes originales ont été décrites, quoique une évaluation erronée de volume de la rivière ait été annoncée en 1894.[1]

ACCROISSEMENT DE LA HAUTEUR DES CHUTES NIAGARA ET ÉTABLISSEMENT DE LA SECONDE CATARACTE.

Les eaux du bassin Ontario se sont abaissées tout à coup à un niveau de 200 pieds plus bas que la surface actuelle du lac. Ceci a mis à découvert au-dessus du niveau du lac la bande épaisse de calcaire Clinton dont la hauteur du côté occidental de la rivière est de 240 pieds au-dessus du niveau

1 "Duration of Niagara falls," p. 464.

moderne du lac. C'est ainsi qu'à été établi la deuxième cataracte avec une hauteur de quarante-cinq pieds. Puis, pour quelque temps, la cataracte supérieure tombait sur les schistes Niagara surmontant la bande Clinton, jusqu'à ce que les schistes fussent enlevés, si bien que les chutes supérieures avaient une hauteur de quatre-vingt-cinq pieds à peu près cascadant directement sur le lit dur de calcaire Clinton (coupe longitudinale, Figure 27).

En raison de la hauteur supérieure des chutes d'En Haut, et de la moindre résistance de la matière des schistes, ils ont reculé plus vite que la cataracte secondaire et, de cette façon étaient bien établies en avant des chutes Clinton avant que le niveau Ontario tombât plus bas que le plateau Eldridge.

Quand les chutes d'En Haut eurent reculé jusqu'au ravin Smeaton, à 4,000 pieds à peu près de l'extrémité de la gorge, une chute transversale s'est produite par un petit cours d'eau passant derrière la petite île dans la rivière juste en amont. Mais les chutes d'En Haut ont reculé à une longue distance, probablement à 3,000 ou 4,000 pieds de plus, jusqu'au tournant de la gorge, avant que le ruisseau Smeaton fût complètement égoutté, époque où la gorge transversale atteignait une longueur de 500 pieds. En même temps, la Deuxième Cataracte avait atteint le ravin Smeaton et celle-ci aussi était entaillée en arrière dans les lits Clinton sous le versant en talus actuel du petit cañon, sur une longueur de 200 pieds à peu près ou environ cinquante pieds en dedans de l'alignement du sourcil de la gorge Niagara. Elle descendait verticalement de trente-cinq pieds environ sur les grès rouges et les schistes Medina et ensuite le plancher prenait de la pente et formait des rapides d'une cinquantaine de pieds en tout, ce qui montrait que le cañon accessoire s'était fait tandis que le niveau du lac Ontario était encore à la terrasse Bell (attendu que tous les lits inférieurs jusqu'aux bandes grises Medina s'érodaient facilement), ou au moins s'étaient affaissées seule-

ment jusqu'au neveau de l'Iroquois. J'ai trouvé ainsi bien conservés des témoins bien intéressants de l'histoire intermédiaire des chutes d'En Haut, et du retrait de la Deuxième Cataracte durant le milieu du long stage Erié des chutes Niagara.

AFFAISSEMENT DES EAUX JUSQU'A LA TERRASSE BELL.

C'était une chute de vingt-quatre pieds seulement jusqu'à un niveau de 174 pieds au-dessus du lac, augmentant ainsi légèrement seulement l'intensité de la seconde cataracte qui restait inférieure à celle d'En Haut. Le lac resta longtemps à ce niveau car une ligne de rivage fortement marquée se voit sur le devant de l'escarpement Niagara (*voir* carte, figure 24, page 208), et jusqu'à ce que les schistes secondaires eussent reculé jusqu'au ravin Smeaton, comme cela est décrit plus haut. Mais la détermination de l'œuvre du stage Erié repose seulement sur les caractéristiques des chutes d'En Haut.

NIVEAU DE LA RIVE IROQUOIS.

Un autre affaissement soudain a abaissé le lac à la plage Iroquois avec la surface de l'eau à 135 pieds en-dessus du niveau moderne. La plage Iroquois indique un épisode de longue durée et c'est le plus important dans l'histoire du début de la rivière Niagara. Les chutes d'En Haut et Clinton intermédiaire continuent séparées avec des conditions favorisant toujours le retrait plus rapide de la cataracte principale. A mesure que les chutes reculaient, la cataracte d'En Haut avait éventuellement une hauteur de 120 pieds aux Foster flats; la cataracte inférieure a aussi profité d'une hauteur de 120 pieds en arrivant au même endroit, mais ceci ne s'est produit que longtemps après que le niveau Iroquois eut été abandonné par le lac et que la troisième cataracte fut en existence. La largeur de la rivière dans le haut du chenal était beaucoup plus forte que plus bas où, par conséquent, l'eau était plus profonde.

Une caractéristique des épisodes Bell et Iroquois réunis, se voit aujourd'hui dans les talus en pente plus larges, le long des côtés de la gorge et dans le chenal plus étroit qui, depuis, a été plus rapidement entaillé dans le plus ancien et dans le curage subséquent durant les stages rapides postérieurs de la rivière. C'est la condition que l'on voit de la fin de la gorge au pied des Foster flats.

UNION DES DEUX CATARACTES D'EN HAUT AUX FOSTER FLATS.

Le plancher des Foster flats était indubitablement au fond de la rivière. Il faut en conclure que le niveau du lac retraitait au-dessous du plan Iroquois avant l'époque où les chutes secondaires étaient à l'extrémité inférieure des Foster flats, abaissant ainsi la rivière Niagara. Cela était nécessaire pour l'accession des chutes secondaires sur les chutes d'En Haut en passant cette section du cañon. La profondeur de la rivière ainsi calculée était de dix pieds à peu près. L'augmentation de retrait de la cataracte secondaire a continué jusqu'à ce qu'elle atteigne la pointe Wilson où les deux cataractes se sont finalement unies. Le plancher de la rivière en amont est de nature à montrer que la descente des chutes unies, de plancher en plancher, était de 240 pieds, ou le même que celle des deux cataractes séparées juste en aval de la pointe Wilson montrant que les flats n'ont pas été traversés. Mais, de cette hauteur, il faut déduire une augmentation de profondeur de l'eau sur l'extrémité supérieure des flats alors retenue en arrière du plus haut éperon de la pointe Wilson.

TROISIÈME CHUTES OU MEDINA ET LEUR PLUS GRANDE HAUTEUR.

A l'affaissement de l'eau en dessous du plan Iroquois, les chutes Medina ont pris naissance à l'embouchure de la gorge. Elles sont descendues de la bande de gré de coiffe, épaisse de vingt pieds au moins surimposée sur les schistes tendres. Le taux du retrait de ces chutes dépendait en grande

partie de leur hauteur agissant sur les schistes. L'affaissement des eaux Ontario était plus ou moins rapides et atteignait éventuellement 320 pieds en-dessous de la bande de gré. Cette hauteur provenait du retrait du lac sur une distance de plus de onze milles.

Bien qu'une grande masse de schiste ait été enlevée maintenant, son épaisseur qui a été traversée en aval de l'extrémité de la gorge ne dépasse pas 225 pieds, tandis que plus bas, elle était très diminuée car la surface supérieure du pays nouveau était composée de matériaux de transport. Le travail de la troisième cataracte et des rapides a été en grande partie consacré à affouiller les plaines en aval de l'escarpement. L'excavation de cette tranchée dans un matériau de ce genre a donc été relativement beaucoup plus rapide que ceux des chenaux Niagara et Clinton. Tous deux surmontaient les lits durs de calcaire sous lesquels il y avait des schistes formant une épaisseur beaucoup moindre et, parmi eux il y avait quelques bandes résistantes. Tandis que s'excavaient les parcours inférieurs du chenal de la rivière Niagara, les chutes Medina entaillaient aussi leur voie en arrière, enlevant le plancher sous la cataracte Clinton, de telle façon que tout ce qui en reste est la plaine des Foster flats. L'étroitesse du chenal intérieur profondément noyé à l'extrémité du cañon est une indication que le drainage Huron n'avait pas encore été détourné dans le Niagara, comme cela est advenu après que les chutes Medina eurent dépassé le sondage de 120 pieds à un demi-mille en dedans de la gorge. Le mouvement général qui, depuis cela, a incliné la terre, n'avait pas encore commencé à influencer la rivière, car la cataracte noyée (ou rapide) située en amont de cet endroit est indiqué même par le petit nombre de sondages exécutés. La tête de la troisième cataracte ou cataracte Medina, à son plus grand développement, n'est pas nettement connue en raison de l'absence de sondages intermédiaires. Tandis qu'on la sait située juste en amont du point du sondage

120 on peut la trouver plus haut dans la rivière, en aval de l'endroit où l'on a excuté le sondage de trente-quatre pieds, ce qui est à un mille et quart en amont de l'extrémité du cañon. Les chutes inférieures ont continué à diminuer de hauteur en raison du gauchissement qui a commencé à montrer des effets sur la rivière en faisant reculer l'eau dans le chenal et en empêchant plus de creusement. Finalement même ces rapides découverts dans les sondages profonds ont été noyés.

L'augmentation de hauteur durant l'épisode des chutes Medina était favorable au peu de profondeur de la rivière en amont, en retirant rapidement l'eau du plancher des chutes Clinton sur les Foster flats. Le rapide noyé précité montre que les chutes Medina n'avaient pas retraité assez loin avec une déclivité moindre pour traverser le plancher Foster ce qui est arrivé longtemps seulement après que les cataractes supérieures réunies eurent reculé au delà de cette section du cañon. Comme on peut déterminer l'histoire de la cataracte d'En Haut il n'est pas important de savoir le temps et la place exacts où les chutes d'en haut furent rejointes par les Medina ou les plus basses, car si les chutes d'en haut retraitaient, celles d'en bas accomplissaient leur œuvre d'extension du chenal de la rivière jusqu'à près d'une douzaine de milles au delà de l'extrémité de la gorge et creusaient l'extrémité du cañon sur une distance seulement d'un demi à un quart de mille.

Au début des investigations, il semblait que les différents stages allaient augmenter la difficulté de résoudre le problème Niagara, mais cela a disparu après avoir découvert les points d'union des cataractes Niagara et Clinton et aussi avec l'explication de la profondeur du chenal de la rivière qui est un peu moins profond en aval qu'en amont des Foster flats et dans les deux sections moins profondes que dans le chenal en amont du débouché Whirlpool. La profondeur du chenal aux rapides Foster n'a pas besoin d'être aussi grande que la rivière en amont parce que la tranchée qui passe dans les flats est de date pos-

térieure et n'a pas eu besoin d'atteindre la pleine profondeur du chenal d'amont.

AUGMENTATIONS DU VOLUME DU NIAGARA AUX FLATS FOSTER.

Par suite de la pénétration du plancher de la gorge à une grande profondeur, immédiatement en amont des flats Foster on trouve que lorsque les chutes sont arrivées là, il y avait une forte addition de volume spécialement parce qu'il n'y avait pas d'accroissement de hauteur (*voir* chapitres XIV et XVII). La quantité a été calculée et montre que l'addition était de quinze à cent pour cent. Cette augmentation provenait du débit Huron ajouté maintenant à celui de l'Erié. Par les caractéristiques de la gorge, on a trouvé qu'il n'y a pas eu de changement matériel dans le volume de l'eau depuis que les chutes ont reculé d'un endroit à la tête des flats Foster, sauf un détournement partiel, quand les chutes Niagara reculaient plus loin que la section des rapides Whirlpool.

FIN EFFECTIVE DES CHUTES MEDINA.
CHENAL MOINS PROFOND EN AVAL DU WHIRLPOOL.

L'accroissement de débit de la rivière cascadant sur le plancher où il y avait relativement peu d'eau de retour, rendit possible l'excavation d'un chenal à la profondeur d'à peu près 140 pieds, sous la surface de la rivière en amont de l'extrémité d'en haut des flats Foster. De fait, ce serait là la puissance d'excavation pour la hauteur des chutes en cet endroit. Cela est parfaitement montré par les sondages en aval du Whirlpool et au Whirlpool, le premier atteignant quatre-vingt-dix-neuf pieds en dessous de la surface de la rivière ou à peu près 135 pieds en dessous du plancher des flats, tandis qu'au Whirlpool dont la surface est plus haute de six à huit pieds, la profondeur est plus grande de quarante pieds. La profondeur du chenal en aval du débouché du Whirlpool est de quarante-neuf pieds en dessous du niveau du lac Ontario; celle de la

rivière adjacente au Whirlpool a été mesurée à soixante-neuf pieds sans atteindre la partie la plus profonde, tandis qu'au Cantiveler et en amont, on trouve qu'elle est quatre-vingt-sept pieds sans tenir compte de la rampe au fond du chenal. Le plancher en amont des chutes a été pénétré par la force des chutes augmentées à 600 pieds en amont de la pointe Wilson, bien avant que les chutes Medina eussent entaillé la partie inférieure des flats. Avec le retrait rapide des chutes Medina entaillant les flats, avant qu'elles aient atteint le débouché du Whirlpool il s'est produit un abaissement de la rivière de trente à quarante pieds permettant le creusage correspondant du chenal au Whirlpool et en amont.

A première vue on est enclin à attribuer la plus grande profondeur de la rivière en amont de la pointe du Whirlpool à l'existence d'un chenal pré-glaciaire, mais, comme l'a montré les forages au pont Cantilever, ce n'est pas le cas et cependant presque le maximum de profondeur de la tranchée est trouvé par des sondages encore incomplets. En conséquence un chenal pré-glaciaire de ce genre ne règle pas tout le problème. Cependant cette explication quant à l'âge de l'entaille des chutes Medina dans les Foster flats et à l'abaissement de la rivière en amont remplit toutes les conditions.

De fait, la nouveauté du chenal Foster est manifeste, et ceci explique la profondeur de la rivière plus forte en amont qu'en aval. Il n'est pas nécessaire que le chenal au rapide Foster ait jamais été aussi profond que la rivière en amont, bien qu'il soit maintenant plus profond, avant le comblement par les blocs qui y sont bombés et forme les rapides tumultueux autour des flats qui barricadent le milieu du cañon. De fait, on peut considérer maintenant les chutes Medina comme pas complètement finies, mais représentées par la descente de quelque sept pieds à l'embouchure du Whirlpool.

AUGMENTATION DE LA HAUTEUR EFFECTIVE DES CHUTES EN AMONT DES FOSTER FLATS.

Quant à la hauteur des chutes réunies en amont des Foster flats elle a continué à être beaucoup la même qu'au moment de leur réunion jusqu'à ce qu'elles atteignissent le Whirlpool, 240 pieds. Avec l'abaissement subséquent de la barrière à Foster flats, la descente de la rivière a augmenté jusqu'à de 260 à 280 pieds quand elle a atteint la pointe Hubbard. Puis a commencé la condition de date récente avec une descente effective de 180 pieds au même temps que soixante pieds pour la majeure partie de cette distance jusqu'au site actuel, par suite de l'absence de rapides en aval.

CONCLUSION QUAND AUX STAGES DE RETRAIT.

Les chutes du Niagara à leur naissance avaient trente-cinq pieds de hauteur. Elles formaient une large nappe d'eau sans profondeur ayant cinquante pour cent du volume actuel, cascadant directement dans le lac, formant une vallée plutôt qu'un cañon avec finalement une longueur de 450 à 500 pieds. Mais une partie de sa dentelure était de date plus ancienne. Modifiée plus tard par l'accumulation d'un dépôt de terrasse, si bien que le cañon réel dû directement aux chutes, avait une longueur un peu moindre. A l'abaissement des eaux de l'Ontario, les chutes ont atteint une hauteur de 120 pieds. Cela a établi des chutes secondaires du calcaire Clinton. Alors le lac avait baissé tellement que les deux cataractes avaient une déclivité de 150 pieds durant le stage Bell qui a duré très longtemps. Plus tard, durant le niveau Iroquois la rivière descendait de 190 pieds. Cette époque a été encore plus longue. La cataracte d'En Haut, dans ses derniers jours tombait de 200 pieds, bien que, durant un stage intermédiaire, elle ait été un peu moindre en raison du plongement des strates, mais la hauteur moyenne était de 105 pieds. Ces chutes ont reculé

l'une devant l'autre jusqu'aux flats Foster et avant qu'elles eussent atteint l'extrémité inférieure, la somme de leur hauteur avait augmenté à 240 pieds, réduite cependant par la profondeur de la rivière. C'est après que le niveau du lac avait commencé à reculer du plan Iroquois.

Puis la troisième chute Medina a fait son apparition et à un moment, elle avait une descente de 320 pieds. Toutes les cataractes ont continué à retraiter et quand les deux supérieures furent arrivées à 600 pieds de la tête des Foster flats, elles s'unirent, mais, encore là il y avait un petit volume d'eau, et une descente de 240 pieds. Maintenant, là s'est ajouté le débit additionnel du lac Huron et depuis lors, sauf temporairement, elle a continué à recevoir le plein volume de cent au lieu de cinquante pour cent. Les troisièmes chutes ou Medina n'ont pas pénétré au Foster jusqu'à ce que la cataracte supérieure réunie eut atteint le débouché du Whirlpool. En passant le Whirlpool, le seul travail qu'avait à faire la rivière était de balayer les débris glaciaires. Aux rapides Whirlpool, la rivière était partiellement concentrée dans un chenal pré-glaciaire plus étroit. En même temps, les portions moindres étaient attirées par le débouché Chicago. En amont du détroit des rapides Whirlpool la rivière n'étant plus guidée par le chenal pré-glaciaire et recevant de nouveau le plein volume, les chutes ont augmenté de largeur et ont continué à reculer jusqu'à la pointe Hubbard sous une chute de 260-280 pieds. Plus tard cela a été réduit en retraitant par l'auge Falls Chippawa à 140 pieds. A l'étagère de l'île Goat subséquemment cette chute supérieure de l'eau a été réduite par le comblement partiel des rapides, élevant le bief supérieur de la rivière, de cinquante à soixante pieds. Cela a complété la réduction des grandes chutes, il y a moins de 300 ans, à leur hauteur actuelle.

Vue du débouché du Whirlpool, pris vers la descente avant la construction du chemin de fer de la gorge.

CHAPITRE XXXIII.

AGE DES CHUTES NIAGARA.

Episode du stage moderne.
Durée du stage Erié.
Age total des chutes.
Conjectures antérieures quant à l'âge des chutes Niagara.
Date de l'accession des eaux Huron aux chutes Niagara.

ÉPISODE DU STAGE MODERNE.

Il faut absolument remonter en arrière. Les chutes ont dernièrement reculé sur le pied de 4.2 pieds par année, c'est-à-dire depuis qu'elles ont dépassé le coin de l'île Goat, une distance de 1,100 pieds, ceci avec une descente effective de 180 pieds demande 260 années.

Puis vers le nord jusqu'à une position après que les chutes eurent dépassé la pointe Hubbard, distance de 6,200 pieds avec une descente efficace moyenne de 240 pieds (c'est-à-dire avec un niveau d'eau de soixante pieds plus bas qu'à présent qui est seulement de 180 pieds en dessous de la berge depuis l'élévation d'une barrière aux rapides Whirlpool) et, sur un pied proportionnel de 5.6 par année, le temps requis serait 1,100 années.

Au delà de cette section, jusque près de la pointe Sinclair à la tête du Whirlpool, distance de 10,200 pieds (où le vieux plancher de la rivière est à 313 pieds au-dessus du lac Ontario, comme on le voit dans les anciennes berges et la surface de la rivière réduite à celle en aval du débouché des rapides Whirlpool) il y avait une descente efficace de 260 à 280 pieds qui représente un taux moyen de retrait appréciable pour le passage par les chutes des quelques centaines de pieds de la vallée Whirlpool ensevelie qui, étant comblée de matériaux de transport s'est promptement recreusée quand les chutes étaient en

cet endroit. On a trouvé que le temps requis pour le retrait dans cette section était de 1,576 années.

Du Whirlpool à la tête des Foster flats, il y a 3,200 pieds de distance. La chute d'eau efficace était de 240 pieds (du plancher de la rivière à la terrasse Wintergreen au plancher à la tête des Foster flats avant que les chutes Medina y eussent pénétré). Avec la marche proportionnelle de 5.6 par année, le temps du retrait des chutes, cette section est calculée avoir pris 570 années.

Tous ces éléments indiquent que le temps requis pour le retrait des chutes des Foster flats au site actuel a été de 3,500 années. C'est aussi la longueur de temps qui s'est écoulé depuis le débordement du lac Huron dans le drainage Niagara.

On peut aussi exiger quelques modifications à ce résultat général car le volume des chutes américaines (sept pour cent) n'est pas inclus. Si l'on ajoute sept pour cent, cette correction peut retarder le temps de 200 ans. D'un autre côté si déduction est faite d'un quart ou d'un tiers de l'eau pour le débordement Chicago, cela augmenterait le temps de 150 à 200 années, mais cela semble une trop forte déduction. Le resserrement du volume dans la vallée pré-glaciaire sans profondeur causerait une réduction de hauteur de 30 à 40 pieds qui augmenterait l'âge de presque 100 années. Ce sont les variations principales qui peuvent être incluses dans les estimés généraux car elles sont compensées par d'autres. Si l'on en trouve d'autres, elles ne peuvent être que relativement petites.

DURÉE DU STAGE ÉRIÉ.

Le stage Erié du Niagara a été de longue durée. De la tête des Foster flats à la pointe Wilson, il y a à peu près 600 pieds; les chutes réunies avec une hauteur de 240 pieds, mais avec un volume de 15 p.c., seulement de celui de l'époque actuelle, ont nécessité, pour reculer sur cette courte distance, 700 années environ.

Maintenant en remontant de la tête de la terrasse Roy, près de l'embouchure de la gorge à la pointe Wilson, il y a 13,300 pieds. Le retrait de la cataracte atteignant éventuellement une déclivité de 120 pieds comparée à la déclivité récente effective de 180 pieds serait équivalente à 28 pieds par année pour le volume d'eau actuel. Mais avec le débit de 15 p.c. le retrait s'élèverait seulement à 0.42 pieds par année. Sur ce pied, il faudrait 31,600 ans. Ce sont les valeurs proportionnelles basées sur des conditions séculairement uniformes, mais il y a une inexactitude. La hauteur totale des chutes d'En Haut à la fin de la longue époque est comptée à 120 pieds au lieu de la moyenne de 105 pieds; la raison de cela est que l'on déduit un ou deux petits facteurs tendant à réduire le temps. Un de ceux-ci est l'omission du volume équivalent d'eau détournée aux chutes américaines. Avec la descente moyenne de 105 pieds cela porterait le temps à 3,600 anneés, mais en tenant compte de la partie proportionnelle du volume passant maintenant sur les chutes américaines cela réduirait ce temps à 32,600 années, laissant ainsi un millier d'années pour l'accélération du retrait dû aux calcaires plus minces coiffant qui se trouvent à l'embouchure de la gorge, tandis que le volume de la rivière est petit. L'épaisseur des schistes sous-jacents est constante. Comme j'ai trouvé le caractère des chutes durant la portion moyenne de ce long stage, ces corrections répondront approximativement au cas, bien que les quantités précises ne sont pas déterminées de plus près. Je ne crois pas que l'erreur apparente dépasse dix pour cent si la quantité de pluie tombant durant le retrait reste ce qu'elle est actuellement.

La terrasse Roy montre une durée d'une certaine importance des petites chutes. Avec une descente de 35 pieds seulement et le volume de 15 p. c., le retrait proportionnel équivaudrait à un huitième de pied à peu près par année. La terrasse est là fortement marquée comme on la voit aussi plus à l'ouest (page 211) mais, en raison d'une légère indentation de la face de

l'escarpement, il est un peu difficile de fixer quelle proportion des 400 ou 500 pieds de la vallée est entièrement due aux chutes. Il y avait durant quelque temps une action commune de rivière et de vague car les chutes cascadaient directement dans le lac devant un dépôt de delta de 300 à 400 pieds amassé à cet endroit. La couverture de calcaire est aussi plus mince. La dans le lac avecun dépôt de delta de 300 à pieds construit marche du retrait devrait être augmentée en plus de la quantité proportionnelle. Dans ces conditions, le nouveau chenal, s'il est réduit de 400 pieds de longueur donnerait une évaluation équitable pour le travail des chutes durant le premier épisode, nécessitant ainsi à peu près 3,200 ans.

AGE TOTAL DES CHUTES DU NIAGARA.

Tous ces calculs réunis, qui font sortir le Niagara du royaume des hypothèses pour entrer dans la science inductive ont donné un total de 39,000 ans pour l'âge des chutes. Durant les 35,500 premières années sont survenus tous les grands changements de la baisse des eaux Ontario, de 320 pieds en dessus à 180 pieds en dessous, la hauteur actuelle avec le retour au niveau moderne. Le niveau du lac a été presque stationnaire pour de longs épisodes, quant se sont formées les terrasses Bell et Iroquois et durant de plus courtes, pendant la formation d'autres rivages. Si l'on prenait le débit évalué par M. Russell pour le bassin Erié le résultat serait d'à peu près de 3,500 ans de moins. On ne peut pas regarder cela comme un écart sérieux, qui dérangerait les résultats généraux car il reste dans l'erreur de 10 p.c. de limite. Le débit Huron a été ajouté au Niagara, il y a 3,000 ans. Les chutes ont passé le Whirlpool il y a 300 ans à peu près et le détournement temporaire d'un peu de l'eau dans le Mississipi est survenu il y a entre 200 et 2,500 années.

L'âge des chutes du Niagara qui sont post-glaciaires, est une des plus grandes questions de géologie d'un intérêt

mondial. La complexité de leur histoire que l'on rencontre quand on les examine disparaît si l'on applique des méthodes précises et si on les mène assez loin. Elle est principalement due au défaut de compréhension de la nature des soulèvements différentiels du terrain et du redressement des bassins hydrauliques qui ont changé la hauteur des chutes et leur volume, et au défaut antérieur de déterminer l'œuvre des chutes aux différents stages de leur histoire.

Il n'y a pas lieu de soupçonner que des hypothèses cachées se sont développées, car je n'en avais aucune à soutenir sauf ce que l'on peut tirer des faits par induction. Le problème a été long à résoudre, si bien que personne qui n'a pas au moins examiné les investigations n'a le droit de mettre en doute que les traits des chutes de la gorge, etc., donnent des preuves pour fournir l'âge du Niagara, même si l'on est abasourdi du grand amas de faits qui ressortent des méthodes qui ont été spécialement élaborées pour ce problème solitaire. Si les questions étaient aussi simples que supposait Lyell, ce travail n'aurait jamais été entrepris. Il a divisé la longueur de la gorge en supposant que la marche était d'un pied par année. A quatre pieds, telle que mesurée, cette supposition longtemps admise serait réduite de 9,000 à 35,000 ans. Quarante années après Lyell, d'autres ont pensé que c'était trop; c'était une conjecture et le temps a été aussi réduit à 7,000 ans. Un an ou deux plus tard, j'ai trouvé que seul le drainage Erié approvisionnait le Niagara à ses débuts. C'est cette découverte par moi qui a fait porter à une plus longue période l'opinion quant à l'âge; c'était un pas énorme fait vers la détermination de l'âge vrai qui cependant ne pouvait pas encore être établi. Puis, j'ai trouvé le point où les chutes étaient situées quand a fini l'ancien stage Erié; c'était un autre pas. L'œuvre des chutes du Niagara sur tout leur parcours a maintenant été mise à la connaissance.

ANCIENNES CONJECTURES À L'ÉGARD DE L'AGE DES CHUTES NIAGARA.

Les premières évaluations de l'âge du Niagara étaient de simples conjectures. Il est remarquable que l'une a été faite par Andrew Ellicott dès 1789 quand il a pensé que les chutes avaient pris 55,440 ans pour l'excavation du cañon. Andrew Ellicott était un grand observateur, sa description des chutes n'était pas beaucoup inférieure à celle de Hall, cinquante-trois ans plus tard, laquelle est un des ouvrages fondamentaux pour les études postérieures.

Jusqu'à l'exécution d'un deuxième levé en 1875 personne ne connaissait la marche du recul moderne. Bakewell avait donné 12,000 années. Plus tard, en 1841, Lyell assignait 35,000 ans comme le chiffre a été cité et en raison de la réputation de son auteur, ce chiffre fut généralement accepté. Après les mesurages de 1875, le Dr Julius Pohlman, fut probablement le premier à les appliquer à la question. Mais il pensait que le chenal pré-glaciaire en amont du Whirlpool atteignait presque le site actuel des chutes que le temps requis pour la réexcavation de plus de la moitiè du cañon était si peu importante qu'on pouvait le négliger et que la gorge, de son embouchure au Whirlpool s'est faite en 3,500 années. C'est le plus faible estimé que l'on ait fait de l'âge des chutes. En 1886, le Dr O. K. Gilbert a présenté la formule suivante:[1]

$$\text{Age de la gorge} = \frac{\text{Longueur de la gorge.}}{\text{Marche du retrait des chutes.}}$$

= Effet du drainage antécédent.
— " calcaire plus mince.
— " schistes plus épais.
— " chutes plus hautes.
— " glace flottante.
± " variation de la charge des détritus.
± " changements chimiques.
+ " changements du volume de la rivière

1 Loc. cit.

montrant que l'âge était de 7,000 ans au plus, en adoptant le maximum au lieu de la moyenne de retrait qui aurait donné 9,000 ans. Dans cette équation les modifications antérieures déterminables tendaient à réduire cette évaluation d'un autre amoindrissement en disant: "Le bassin de captation était agrandi antérieurement en comprenant une partie de la surface de la nappe de glace." Mais il a entièrement omis l'infériorité de hauteur des chutes qui aurait augmenté l'âge bien que ce trait ait été observé bien auparavant dans les hautes berges à l'embouchure de la gorge.

De fait, le soi-disant raccourcissement de l'âge des chutes, par suite de l'augmentation de hauteur n'est pas survenu car l'accélération de la cataracte s'est répandue seulement sur le bief inférieur de la rivière.

L'augmentation supposée de débit des glaciers canadiens a été subséquemment évincée à la découverte que longtemps, les eaux de l'Huron ne se sont pas vidées dans le Niagara, détournement qui a énormement augmenté l'âge des chutes. Bien qu'il ait à un dégré remarquable suivi mes changments de physique, en me signalant cependant à peine, cependant, après mes calculs qui ont été les premières bases sur ces changements, il s'efforce de mettre de côté mes résultats en citant maintenant mon nom et en disant qu'il s'accorde avec M. Taylor que "aucune des évaluations faites jusqu'à présent n'a grande valeur et que les meilleurs résultats ne sont peut-être qu'une approximation grossière".[1] Ce règlement sommaire de la question s'applique aussi à l'opinion du Dr Warren Upham (qu'il cite) et qui, sans tenir compte des changements physiques avait assigné 7,000 années à l'âge des chutes, ce par quoi il suivait l'exemple du Dr Gilbert qui avait montré que ce chiffre même était excessif. Plus tard, M. Taylor dit que "en revisant nos conclusions, à la lueur d'événements récents on peut essayer de dire que 50,000 années peut-être jugé une évaluation appro-

1 Nat. Geog. Monograph, No. 7, p. 236, 1895.

ximative de la limite extrême pour la facture de la gorge totale des chutes du Niagara, mais elle peut avoir été aussi courte que l'évaluation de Lyell (35,000 années), ce qui était une supposition mal fondée, car d'après sa propre méthode, avec des mesurages exacts, le résultat aurait été de 9,000 ans seulement ou les "32,000 ans de Spencer."[1]

Le premier calcul de leur âge basé sur le changement de hauteur de la rivière et l'ancienne infériorité du volume a été fait par moi en 1894 et a donné pour résultat de fixer l'âge des chutes à 32,000 ans. Même à cette époque, on ne supposait pas que c'était une fixation finale puisque dans le voisinage du Whirlpool et des rapides on ne comprenait pas bien les changements physiques. De plus, les données de débit étaient inexactes; d'autant plus, de fait, que la fixation actuelle du drainage du bassin "Erié" seul, a été considérablement réduite en-dessous de ce qu'elle était autrefois. De ce fait, la durée du stage Erié n'a pas été très augmentée. A cette époque aussi, les détails des niveaux supérieurs du lac montrés dans les plages d'Ontario n'étaient pas regardés comme ayant beaucoup d'importanc et la signification complète des indications des flats Foster n'avait pas encore été appréciée. On ne savait rien de la profondeur de la gorge sauf en un point. Avec la vaste quantité de lumièr jetée sur le sujet, il est surprenant que les anciennes données incomplètes aient presque contrebalancé celles d'aujourd'hui. Si les résultats avaient dépendu de l'histoire des cataractes inférieures au lieu des chutes principales d'En Haut, il aurait fallu des données additionnelles que l'on aurait pu ne jamais obtenir.

M. Taylor, en appréciant les conditions changeantes dans l'histoire du Niagara, mais pensant que le Huron s'est une deuxième fois tourné dans l'Erié quand les chutes étaient en aval du pont Cantiveler, dit que cela donnerait 2,700 ans pour l'âge de la gorge en amont de cet endroit. Il dit de plus:—

1 Bull. Geol. Soc. Am., Vol. ix, p. 84, 1898.

"Il y a bonne raison de croire cependant que la marche était plus lente la majeure partie du temps, si bien qu'il serait probablement plus proche de la vérité de dire qu'elle a pris entre 5,000 et 10,000 ans.[1]

Non seulement parce que ni le premier ni le présent levé ne m'ont montré aucun fondement pour réduire le taux de retrait en cet endroit, mais parce que c'est une substitution de conjectures à une induction raisonnable, je dois immédiatement différer d'opinion avec M. Taylor. Les données peuvent être défectueuses, mais sa méthode, consiste en supposition non basée sur la preuve obtenue. M. Taylor a reconnu qu'aucune évaluation de temps pour l'âge des rapides Whirlpool n'a de valeur approximative. A cet égard, je m'entends avec lui, car à cette époque on ne pouvait rien offrir de mieux qu'une simple hypothèse discutable. Au sujet des autres sections de la rivière, il dit qu'il a préalablement essayé de tirer des exemples du retrait passé des chutes s'éloignant de la cataracte américaine actuelle, mais il a maintenant raccourci le temps à 50,000 ans ou moins comme il est dit plus haut. Mais on ne peut faire de comparaison avec la cataracte américaine, car l'ancien volume était beaucoup plus grand et la hauteur moindre.

Tandis que j'étais préparé 1894, a modifier le calcul de l'âge d'une section quelconque de la rivière Niagara, sur plus ample preuve, je présentais mes résultats seulement comme un avant-coureur des inductions tirées des faits disponibles. Lentement j'en étais arrivé aux présentes conclusions, ne sachant pas avant la fin des investigations, s'il ne se présenterait pas quelqu'obstacle insurmontable. Au cours du présent travail, j'ai essayé de présenter les faits avec les renseignements les plus complets pour que d'autres puissent s'en servir.

Ma connaissance plus approfondie du terrain et de la succession des traits nouveaux, obtenue en élaborant les détails, me permet d'offrir des faits, comme conséquence d'études

1 Bull. Geol. Soc. Am., vol. ix, 1898.

monographiques, ce qui permet non seulement de mettre le travail à jour, mais encore de croire avoir fait une détermination assez précise de l'âge des chutes. De fait, l'importance de déterminer l'âge des chutes Niagara ne repose pas dans la variation de quelque pour cent, mais il s'agit de savoir si les chutes ont 9,000 ans (comme ce serait le cas s'il n'y avait pas eu de changement de hauteur ou de volume) ou ont un âge plus avancé: par exemple 100,000 ans ou une vieillesse intermédiaire.

Je félicite M. Taylor de son hypothèse qu'il énonce en termes si rapprochés de ce qui a été trouvé au moyen de recherches beaucoup plus précises. M. Taylor a été un des principaux et des meilleurs observateurs des phénomènes se rapportant à l'historique des lacs et par suite il a spécialement droit à une opinion.

DATE DE L'ACCESSION DES EAUX HURON.

Le versant Nippissing-Mattawa-Ottawa est à présent à 112 pieds au-dessus du lac Huron. L'ancienne barrière transversale du lac St-Clair, maintenant balayée n'aurait pas pu faire monter la surface de l'eau de moins de dix à vingt pieds, laissant quatre-vingt-deux pieds de différence d'élévation. Il faut ajouter quelque chose à cela pour la profondeur de l'eau dans le chenal Nipissing, si bien que le soulèvement de l'eau peut être compté à 90 pieds comme étant survenu depuis que les eaux Huron se jetaient dans le drainage Erié. Le changement est survenu il y a 3,500 ans et représenterait une élévation moyenne du débouché sur le pied de trois pieds par siècle si la hausse avait été uniforme. Comme on le constate partout, les plages enregistrent une seccession de pauses faisant des rivages, séparées par un affaissement abrupt des eaux. En conséquence, cette marche moyenne de la hausse ne peut pas être considérée comme ayant beaucoup de valeur sur l'interprétation des changements futurs. Le travail sur le retrait cesse avec le calcul de l'âge des chutes.

Les investigations présentes ont conduit à la découverte de quelques-unes des premières conditions remarquables de cette région longtemps même avant qu'il y eût une rivière Niagara. Une des plus importantes a été un grand chenal de drainage partant du bassin Erié à l'époque pré-galciaire qui recevait alors comme petit affluent la pluviosité du voisinage des chutes Niagara par voie de la vallée Falls-Chippawa ensevelie. Cela a donné naissance aux traits locaux avoisinant le site actuel de la grande cataracte. Le débouché préglaciaire de l'Erié sera décrit dans la partie suivante du travail.

Vue des chutes canadiennes—eau très haute, 25 oct. 1906, quand elle déborde le mur récemment égoutté sur 415 pieds. Usine motrice de la Canadian Niagara Company en arrière des chutes.

CHAPITRE XXXIV.

RETRAIT FUTUR DES CHUTES.

Le levé des chutes Niagara ne serait pas complet si l'on ne réunissait pas ensemble les faits qui ont trait au retrait futur tels qu'ils se présentent. Il y a deux côtés à la question: un, les progrès naturels en cours, l'autre, ceux qui sont influencés par les modifications artificielles.

Les chutes ont subi des changements qui tendent à modifier le retrait. La bordure rocheuse de la première cataracte est plus basse du côté canadien que du côté de l'île Goat et le courant contourne naturellement les berges d'argiles rocheuses en amont des îles Dufferin. Elles ont été constamment balayées et tendent à abaisser la rivière puisque la roche de fond s'enfonce dans cette direction.

La marche du retrait des chutes durant les quinze dernières années s'est considérablement réduite, ce qui a été causé par le changement des traits avec les effets dus au détournement de l'eau pour les besoins industriels. Le changement est dû surtout à la courbe formée par le cours de la rivière, avec le sommet des chutes commençant maintenant à saillir du côté de la vallée Falls-Chippawa où l'épaisseur des calcaires forme une arche plus résistante retardant le retrait. 2,500 pieds à peu près en amont du sommet, le bord de la première cascade devraient être atteints en 600 ans à peu près, en supposant la continuation de la marche moyenne du retrait (durant les soixante-trois dernières années, ou les dernières 227 années depuis que le Père Hennepin a vu les chutes pour la première fois). Dans l'intervalle, en même temps que les chutes retraitent, la strate résistante de coiffe ne s'accroit pas simplement

de l'épaisseur du plancher des rapides qui se soulève mais aussi du plongement de la formation calcaire. Pour cette raison, la bordure de la première cascade peut ne pas être atteinte avant beaucoup plus de 600 ans. Sur le pied du retrait depuis 1890, le temps requis serait de 1,500 années.

Les chutes, ayant atteint ce point et atteignant une hauteur de cinquante-cinq pieds avec l'extinction des rapides d'En Haut, commenceraient à entailler la bordure, ce qui abaisserait bientôt la surface de la rivière d'En Haut au plancher du bassin dans les couches tendres Salima au sud de la bordure précitée. La hauteur des chutes serait alors réduite à moins que la hauteur du jour actuel. Un nouveau rapide d'En Haut juste en aval du débouché du lac Erié serait établi à une hauteur de soixante pieds au moins, devenant éventuellement une autre cataracte lorsque la rivière passerait sur la roche Cornifère entre Fort-Erié et Black-Rock, abaissant ainsi la surface du lac Erié.

Avant les investigations actuelles, on supposait qu'il y avait là un mouvement ascendant de la terre qui contrebalancerait l'abaissement du niveau du lac, mais on trouve qu'ils ont cessé du moins pour le présent. Telle est la destinée future immédiate des rapides d'En Haut, tandis que les chutes elles-mêmes seront beaucoup réduites en raison du plancher inférieur de la vallée Chippawa. Bien que la réexcavation des dépôts de transport superficiels, serait beaucoup plus rapide que celle de la roche, néanmoins, cela pourrait prendre beaucoup de temps pour achever ces changements des nouveaux rapides d'En Haut. En conséquence, il y a encore un long avenir naturel pour les chutes Niagara.

Pour revenir aux modifications artificielles des chutes, la protection des berges des rapides d'En Haut est déjà complétée par la compagnie du chemin de fer. Le détournement complet de l'eau en vertu du privilège en vigueur actuel atteindra 40 p. c. du débit aux basses eaux. Cela peut réduire beau-

PLANCHE XXXVIII. A.

Vue de l'étagère de l'ile Goat adjacente aux Chutes qui est égoutté avec les roches appaaissant à sa surface (sept. 1910). L'usine motirce de l'Electric Development Company dans le parc Victoria se voit à l'arrière plan.

PLANCHE XXXVIII. B.

Vu de l'Anse Cartier, pont à Arche d'En Haut et fabriques sur la berge New-York de la gorge d'aval.

coup la marche du retrait de ce qui reste des chutes, bien que des mesurages futurs comparés à ceux qu'on a déjà faits pourront seuls montrer à quel point.

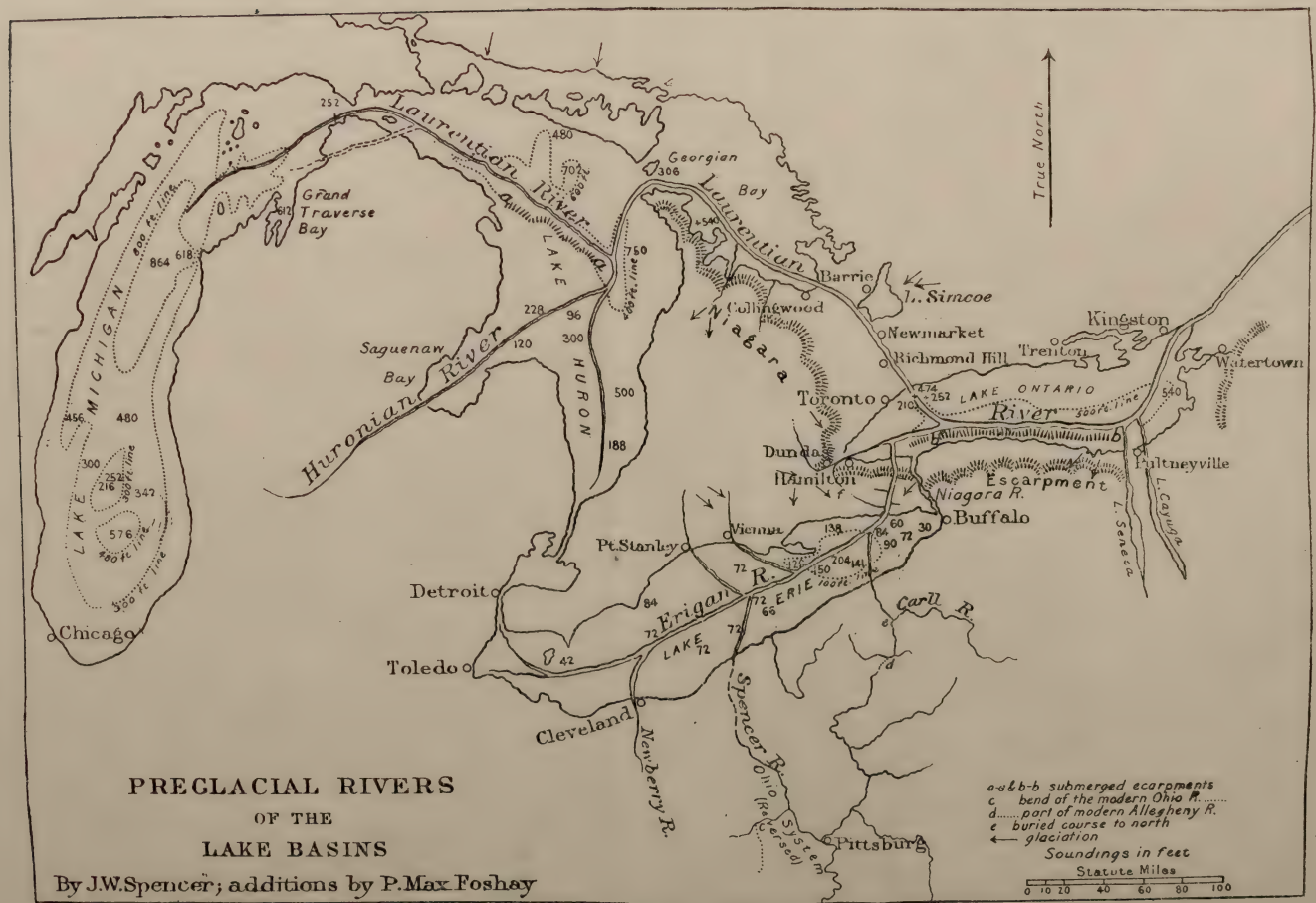
Dans la planche XXXVII, il y a un dessin des chutes durant les hautes eaux (25 octobre 1906) où l'on voit de minces cours d'eau couler sous le mur de soutènement, fait en retrécissant la largeur des chutes du côté canadien, rétablissant ainsi jusqu'à un certain degré pour un jour son ancienne largeur. La planche XXXVIII A montre l'égouttement actuel de l'île Goat elle-même. Les planches XXXIX A et B représentent des vues de la cascade Greens ou First Cascade sur des roches qui seront les premières mises à découvert.

PLANCHE XXXIX. A.

Profil de la Première Cascade près de l'île Goat.

PLANCHE XXXIX. B.

Vue de la Première Cascade en amont de l'île Middle Sister et lit de la rivière dont l'eau a été dernièrement retirée.



Carte des vallées préglaciaires de la région des grands lacs.

DEBOUCHÉ DU BASSIN ERIÉ

ET

ORIGINE DES BASSINS LACUSTRES

PROPRIÉTÉ DES
PÈRES OBLATS
ST. PIERRE
MONTRÉAL

CHAPITRE XXXV.

ORIGINE DES BASSINS DES LACS—VALLÉES NOYÉES ET ENSEVELIES.

Préface.
Topographie des bassins des lacs.
Traits du bassin Ontario.
Traits du bassin Erié.
Traits du bassin Huron.
Traits du bassin Michigan.
Vallées ensevelies entre la baie Georgienne et le lac Ontario, etc.
Ancienne élévation plus forte du continent.
Affluents méridionaux de l'anciennee vallée Laurentienne. (Ohio et autres.)

PRÉFACE.

Comme on l'a vu maintenant, les chutes Niagara doivent primitivement leur origine au changement de niveau des lacs. Leur histoire a été modifiée par les chenaux ensevelis qui étaient des affluents des anciennes vallées converties maintenant dans les Grands Lacs d'Amérique. Et puis, ces anciennes vallées étaient plus ou moins obstruées par des dépôts de transport et depuis la période glaciaire la région a été grandement modifiée par l'inclinaison des terrains dont on voit la preuve par les plages maintenant soulevées, causant des changements dans le cours du drainage du lac. De fait, l'histoire du Niagara a commencé longtemps après la formation de ces vallées et si l'histoire était racontée dans l'ordre chronologique, les anciennes vallées et leurs obstructions auraient dû être décrites avant de commencer l'étude des chutes. Cependant leur origine a été réellement découverte par l'observation des phénomènes qui, d'eux-mêmes, n'ont pas été obtenus dans l'ordre naturel et il a fallu beaucoup d'années pour recueillir suffisamment de preuves pour les expliquer. L'exploration du Whirlpool et des rapides Whirlpool avait mis en lumière une ancienne gorge sans importance par elle-même, mais en raison de ses effets sur le retrait des chutes donnant naissance au Whirlpool, elle prend une importance beaucoup plus grande

que beaucoup des autres chenaux ensevelis semblables, de plus grande dimension. La découverte du chenal Falls-Chippawa explique un trait encore plus remarquable, se dirigeant dans un sens adverse à celui du drainage moderne et exigeant l'existence d'une vallée ensevelie plus loin, contournant et pénétrant dans le bassin Ontario par quelqu'autre route, tandis qu'à la surface du pays on ne voit pas de trait de ce genre.

TOPOGRAPHIE DES BASSINS DES LACS.

En avant des hautes terres de New-York et de Pennsylvanie, il y a les grandes plaines des bassins des lacs en termes généraux, bien qu'en réalité ce terme ne soit pas très applicable. Les plaines Erié au nord de la partie centrale du lac, surgissent lentement en collines et en une haute région montueuse couverte de transport et atteignant 1,700 pieds au-dessus du niveau de la mer. En avant des plus hautes pentes de New-York se trouve l'escarpement de Niagara qui fait face au lac Ontario à partir du pied duquel il y a des plaines allant jusqu'au lac. Du côté septentrional du lac Ontario, le pays plat passe à des hautes arêtes de transport. Tandis que l'escarpement Niagara a une altitude de 300 à 340 pieds à la rivière Niagara, il s'élève un peu plus haut à la tête du lac et forme la façade nord-est du haut pays justement cité au delà des plaines du lac Erié. Cet escarpement est le trait caractéristique de la péninsule entre la baie Georgienne et le lac Huron, des îles du lac Huron, à travers la péninsule du Michigan et celle qui sépare le lac de ce nom de baie Green. Entre le lac Ontario et la baie Georgienne, la façade de l'escarpement Niagara est tellement cachée par les collines de transport que son vrai caractère ne se reconnaît pas toujours en traversant le pays ecarpé de transport.

Au delà du lac Ontario, la vallées du St-Laurent s'étend du pied des montagnes Adirondacks de New-York vers le nord sur trente milles au moins jusqu'aux autres arêtes caractérisées

par des collines de transport. Dans la direction du bas Ottawa les plaines onduleuses se développent, car le pays est beaucoup plus bas que plus à l'ouest. De fait, la vallée du St-Laurent peut-être considérée comme le prolongement de celle du lac Ontario, avec la rivière qui la traverse maintenant près de la surface et non dans une vallée profonde; bien qu'il y ait des terrasses à une hauteur de 100 pieds ou plus. Ces terrasses sont bien en dessous du niveau des grandes plages désertes et très inclinées du bassin Ontario dont le levé a été déjà fait.

Le lac Ontario n'est pas le seul qui soit creusé dans ces formations paléozoiques presque horizontales, cela est vrai aussi des bassins Erié, Huron et Michigan sauf du côté nord de l'Huron, où les formations sont des roches cristallines.

TRAITS DU BASSIN ONTARIO.

Le trait principal du bassin du lac Ontario est l'escarpement noyé du côté méridional, montrant le genre de la vallée du lac qui a déjà été signalé, il y a bien des années.[1] On se faisait à cette époque une idée exagérée de l'érosion glaciaire que l'on peut s'expliquer par l'ignorance de certains traits. Feu le professeur J. S. Newberry, était le chef de cette école et cependant, il pensait que l'on pouvait trouver un ancien chenal entre le lac Erié et le lac Ontario. Un chenal de ce genre a été décrit par l'auteur et l'on sait maintenant qu'il constitue seulement une des deux ou trois dépressions qui croisent la péninsule Niagara.

Le lac Ontario est seulement une auge profonde atteignant 738 pieds de profondeur, tandis qu'il a eu seulement 246 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le point le plus profond est presque au nord du lac Seneca, qui atteint 165 pieds au-dessous du niveau de la mer. Plus vers le débouché du lac Ontario, le plancher se soulève sous la forme de chenal qui règne à l'est.

1 "Discovery of the Pre-glacial Outlet of the Basin of Lake Erie" par J. W. Spencer, Proc. Am. Phil. Soc. Phila. Vol. XIX, pp. 300–337 et aussi dans le rapport du Service Géologique de Pennsylvanie. Vol. QQQQ.

Ce trait a rendu très difficile l'investigation de l'origine du bassin car il y avait certainement une vallée du genre rivière dans le lac sans aucune manifestation de sa continuation jusqu'au débouché actuel. C'est pour expliquer le soulèvement du plancher ainsi que de la grande profondeur du lac en dessous de la surface qu'il a fallu avoir recours à l'érosion glaciaire, bien que les striations sur les surfaces de roches fussent fortement marquées dans une direction toujours oblique à la face de l'escarpement. Ceci écarterait une origine de ce genre pour les bassins.

L'étude plus précise des détails a montré qu'en un endroit à vingt milles à peu près à l'est de Toronto, et à une demi-douzaine de milles de la rive nord, il y avait un chenal atteignant à 474 pieds, tandis que les sondages de chaque côté avaient une profondeur de 200 pieds seulement.[1] A la tête du lac, il y a une large vallée qui est réellement un cañon recomblé. C'est la vallée de Dundas avec des murs rocheux surplombant le lac de presque 500 pieds. Sur le flanc de cette vallée, qui va jusqu'à la ville de Hamilton, un sondage (à l'Hôtel Royal) a montré que le chenal enseveli atteint 292 pieds au-dessous du lac Ontario et entaillait le plateau Niagara jusqu'à une profondeur de plus de 800 pieds. La profondeur du lac à l'ouest, jusqu'au sud de Toronto est de 400 pieds. Cette vallée ensevelie de Dundas pénètre complètement dans la zone de calcaire Niagara et se réunit avec un bassin dans la formation Salina au delà.

Pour revenir aux sondages du lac Ontario, on trouve que le prolongement nord-est du lac est bas et contient beaucoup d'îles. Elles sont de formation calcaire (Trenton et autres séries apparentées) gisant en strates presque horizontales. Ce sont évidemment des chenaux plus profonds; car, parmi les mille îles, à quelques milles en aval du débouché du lac, l'eau atteint une profondeur de 240 pieds. La rivière croise

1 On the B. A., but not on the U. S. chart.

là une zone étroite de roche cristalline du système Laurentien. Mais la première barrière rocheuse en travers de la rivière se trouve aux rapides Galops, à soixante-six milles en ligne droite de Kingston, à la sortie du lac. La profondeur est réduite là à douze à treize pieds en un endroit à un tiers de mille en aval de l'ancienne écluse N° 27. Cette barrière se compose de calcaires de même nature que ceux à la sortie du lac.

Cen'est que plusieurs années après les observations de la nature fluviatile des bassins du lac qu'on a pu donner une explication rationnelle de la barrière en question. J'ai pu subséquemment appliquer le gauchissement enregistré dans les traits postglaciaires. De l'endroit le plus profond à la sortie, on peut tirer une ligne à peu près parallèle à celle de Canastota au cap Tuthland (ferme Prospect, quatre milles à l'est de Waterton) à l'extrémité orientale du lac. Entre ces deux points la plage Iroquois s'élève de 282 pieds (*voir* carte planche XXXIII). Comme on l'a dit au chapitre XXII (page 298) le soulèvement postglaciaire entre le lac Ontario et les rapides Galops s'élève à 500 pieds au moins. On trouve là un gauchissement différentiel qui suffit à expliquer les barrières transversales du débouché du lac Ontario, car s'il était redressé il ne suffirait pas à arrêter l'écoulement de la rivière dans le bassin actuel du lac. Ce résultat s'obtient sans avoir déterminé le dernier reste du changement différentiel de niveau. Dans ces conditions, le débouché d'Ontario sur la bordure rocheuse serait à 500 pieds au-dessous du niveau de la mer. En même temps, il montre la continuité du caractère de la vallée laurentienne avec celle du bassin du lac Ontario. Ces traits ont été assez pleinement expliqués d'une façon générale dans "Origin of the Basins of the Great Lakes of America",[1] et travaux antérieurs. Une investigation complète de la vallée du St-Laurent n'a jamais été faite et l'on pourrait peut-être trouver des chenaux

1 Quar. Jour. Geol. Soc. London, Vol. XLVI., pp. 523–533, 1890.

un peu plus profonds adjacents aux rapides comme le fond supposer des observations récentes. Mais dans ces circonstances, une vallée de ce genre en dessous du niveau de la mer aurait dû être formée durant la période de haute élévation continentale.

TRAITS DU BASSIN ERIÉ.

Le lac Erié est situé dans une large plaine. Beaucoup plus de la moitié du lac a plus de quatre-vingt-quatre pieds de profondeur; pas plus d'un sixième du bassin n'a une profondeur considérable, les sondages les plus profonds atteignant 204 pieds seulement comme le montrent les cartes, planches XXXIV et XI. Les forages ont fait découvrir beaucoup des affluents de l'ancien bassin. Par exemple, à Cleveland, il en a été trouvé un par le Dr Newberry,[1] avec une profondeur de 228 pieds en dessous de la surface du lac bien que les portions adjacentes n'aient nulle part plus de quatre pieds de profondeur. Plus tard, le Dr Warren Upham[2] cite le cas d'un autre en cet endroit avec une profondeur de plus de 400 pieds. Il y a longtemps, le Dr T. Sterry Hunt[3] a consigné les chenaux à Port-Stanley et Vienna, atteignant 152 à 1,200 pieds en-dessous du niveau de la mer et à Détroit, un autre de 212 pieds. Ils suffisent pour montrer que des chenaux traversaient partout le nouveau bassin bas du lac, recomblé dans la période glaciaire.

A l'extrémité est du lac Erié, le Dr Julius Pohlman a signalé à l'attention le chenal de rivière enseveli de Buffalo creek atteignant 120 pieds,[4] et Irving P. Bishop[5] cite qu'en cet endroit au canal Blackwell, de grandes culées de pont ont été enfoncées de 120 pieds sans atteindre le fond, bien que l'on trouve que le plancher actuel du lac Erié est à plus de quarante

1 Geology of Ohio.
2 Bull. Geol. Soc. Am., vol. vii., p. 328, 1896, Ib., vol. viii., p. 8, 1897.
3 Geology of Canada, 1863.
4 Life-History of Niagara, Trans. Am. Inst. Min. Eng., vol. xvii., 1889.
5 Geology of Erie county, N.Y., Rept. State Geologist for 1897.

pieds en dessous de la surface, si bien que le profond chenal du creek Buffalo est enseveli sous un lac beaucoup moins profond. Un des quais du pont International qui traverse la rivière Niagara repose sur des surfaces rocheuses glaciées à une profondeur de quarante-cinq pieds, tandis qu'à d'autres culées la profondeur est plus grande. En un point un peu plus d'un mille en amont de Fort-Erié, le sommet de la terrasse inférieure (de cinq à huit pieds) possède un fond rocheux, et la profondeur de la rivière est réduite à dix-sept pieds. Mais les chenaux de chaque côté de ce col sont de trente et vingt-quatre pieds respectivement, ce qui indique l'existence entre les deux d'une vallée ensevelie, mais il n'y a aucune indication du passage de Buffalo creek. On signale aussi d'autres chenaux ensevelis, mais ils paraissent enfouis à une profondeur considérable autour du bassin Erié.

TRAITS DU BASSIN HURON.

La moitié méridionale du lac Huron est une plaine traversée de vallées submergées pour former un lac sans profondeur. Au nord de ce bassin et obliquement en travers du lac sur quatre-vingt-dix milles, il y a un escarpement submergé faisant face au nord-est avec une hauteur de 300 à 450 pieds (carte, planche XL.) La profondeur extrême du lac atteint 750 pieds, tandis que le chenal le plus profond entre le lac Huron et la baie Georgienne est inconnu en raison du comblement en matière de transport, mais les sondages montrent 306 pieds. Du côté occidental de la baie Georgienne, il y a un chenal profond atteignant 510 pieds en avant de l'escarpement Niagara. Ces chenaux en avant de l'escarpement submergé au lac Huron et de l'escarpement du côté ouest de la baie Georgienne sont des fragments enregistrant l'ancien drainage du bassin du lac. Des deux côtés du lac Huron-Georgien, notre connaissance du système de drainage est accrue par des forages profonds.

TRAITS DU BASSIN MICHIGAN.

Le lac est divisé en deux bassins, le plus septentrional avec une profondeur maximum de 864 pieds, borné en partie par des escarpements verticaux submergés maintenant. Un de ces traits abrupts montre une déclivité de 500 pieds avec le sondage le plus profond dans le débouché du lac de 252 pieds seulement. Un fiord tributaire se voit dans la baie de la Grande Traverse à une profondeur de 600 pieds seulement. Ces fiords et de moins profonds indiquent l'existence quelque part d'un chenal profond reliant le Michigan et l'Huron quand la vallée de la rivière s'est ensevelie sous la matière de transport du plancher moderne du lac Erié. Ils établissent l'existence de chenaux bien qu'ils ne soient pas montrés par les sondages. Le lac Michigan dans son ensemble est creusé dans les formations paléozoiques dont les plus neuves sont les assises houillères.

Il y a un bassin plus petit dans la partie méridionale du lac Michigan avec une profondeur de 576 pieds et une arête entre les deux bassins submergés de 300 à 342 pieds. En travers de la partie méridionale de la peninsule du Michigan, il y a une vallée découpant les hautes terres de l'état, dont la portion occidentale est occupée par la Grande Rivière et la partie orientale par un cours d'eau se jetant dans la baie Saginaw. Les forages de puits dans la section occidentale montrent l'absence de roche à une profondeur de 100 à 200 pieds en dessous du niveau du lac sans atteindre la plus grande profondeur, tandis que plus à l'est il y a plusieurs puits, dont l'un est dans les matériaux de transport avec 500 pieds. Cela équivaut à 350 pieds en dessous de la surface du lac Huron. Mais l'emplacement n'est pas dans le milieu de l'ancienne vallée. D'autres vallées et chenaux ensevelis submergés démontrent que les bassins des lacs sont simplement des vallées d'une grande rivière et ses tributaires sont de grande antiquité avant la période glaciaire.

VALLÉE ENSEVELIE ENTRE LA BAIE GEORGIENNE ET LE LAC ONTARIO.

La distance entre la baie Georgienne et le lac Ontario est d'à peu près soixante-dix milles en ligne droite. Le pays est caractérisé par des plaines qui se soulèvent, traversées de hautes arches de transport allant à l'est et à l'ouest. Le lac Simcoe avec un diamètre de vingt milles est situé entre ces arêtes. Elles surplombent le lac Huron de 200 à 550 pieds.

De la baie Georgienne au lac Simcoe, il y a en droite ligne une distance de vingt-cinq milles. C'est un pays bas et plat. On sait que la roche fait défaut loin en-dessous du niveau de la baie. A Barrie, sur le bord du lac Simcoe, 140 pieds en dessus de la baie Georgienne, un puits a été foré à 280 pieds de profondeur sans traverser de transport. Vingt milles plus dans l'intérieur, à Newmarket et ailleurs on a trouvé aussi des puits qui atteignent en dessous du niveau de la baie Georgienne sans trouver de roche. Au sud de Newmarket, il y a une arête de transport transversale au delà de laquelle, à la colline Richmond (217 pieds au-dessus de la baie Georgienne) un puits a été foncé que 400 pieds sans traverser le transport. Cela prouve que le chenal est au moins à 700 pieds en dessous de l'arête de drift et il y a là un forage qui arrive à 183 pieds en dessous de la baie Georgienne sans atteindre la roche. Au sud de la colline Richmond le pays s'abaisse vers le lac Ontario et il est découpé de profonds ravins montrant l'absence de roche beaucoup au-dessous du niveau du lac Huron.

Du côté du lac Simcoe le pays est couvert de calcaire montant à 150 pieds au-dessus du lac, tandis que, du côté ouest de la large vallée ensevelie, il y a les calcaires Niagara. On trouve une auge qui est la continuation de la baie Georgienne, s'étendant au sud-ouest dans la direction du lac Ontario et parallèlement à l'escarpement Niagara, bien que les forages les plus profonds, jusqu'à près de 200 pieds plus bas que la baie

Georgienne n'aient pas révélé le plancher, car ils n'ont pas été foncés jusqu'à la roche sous-jacente. Cette auge tend vers le chenal profond le plus intéressant cité page 412, comme existant à une vingtaine de milles à l'est de Toronto jusqu'à une profondeur de 474 pieds plus bas que le lac Ontario.

La preuve montre maintenant que le transport enlevé des lacs Huron-Michigan seraient abaissés bien en dessous du niveau actuel même si les débouchés signalés n'avaient pas plus de profondeur qu'on en constate par les observations directes. De fait, c'est la seule ligne le long de laquelle on a trouvé des chenaux aussi profonds. Il y a aussi au sud du lac Michigan des forages profonds et l'on a cru à un moment qu'ils indiquaient un débouché du Michigan vers le sud. Plus récemment, M. Frank Leverett a recueilli des preuves à ce sujet et trouve que le plancher rocheux le plus bas près du bord du lac Michigan a 230 pieds seulement plus bas que le lac avec le plancher possédant une altitude de 350 pieds au-dessus du niveau de la mer. Il n'y a pas la moindre indication qu'il ne règne pas de la roche plus haute entre lui et le drainage Mississipi. Ce niveau est même à des centaines de pieds au-dessus du plancher du lac Michigan. Les vallées en fiords des baies Green et Grande Traverse montrent par leur direction que l'ancien drainage du bassin Michigan allaient vers le nord-est et non le sud-ouest. Bien que des forages à la pleine profondeur du chenal enseveli n'ont pas été faits partout, ils ont cependant atteint bien en dessous de la surface actuelle du lac et quand cette méthode d'investigation a été poussée assez loin la chaîne de preuves est complète. Comme dans le cas du débouché Erié, nouvellement découvert et décrit au chapitre XXXVII, les traits superficiels ne décèlent pas cette chaîne.

ANCIENNE HAUTE ÉLÉVATION DU CONTINENT.

En regardant les traits du bassin Ontario on a signalé la déformation glaciaire. La déformation du lac Huron est aussi

fortement marquée par le soulèvement des lignes de rivage qui sont presque horizontales à l'extrémité méridionale du lac; mais leur hauteur augmente à mesure qu'elles se soulèvent sur le pied de presque quatre pieds par mille au nord-est (chapitre XXV).

Avec la déformation postglaciaire ou le gauchissement de la croûte terrestre enlevé, par une dépression des parties soulevées du plan des premiers niveaux de l'eau, on trouvera une différence considérable dans le relief topographique en avançant au nord-est. Cette dépression admettrait l'estuaire St-Laurent avec une profondeur de 500 pieds au-dessous du niveau de la mer, où l'on trouve maintenant la bordure rocheuse sur laquelle la rivière passe par des rapides pour gagner la mer. Comme tous les traits des bassins des lacs, sont ceux d'action atmosphérique, une auge de ce genre devient une preuve d'une forte élévation tardive du terrain continental. Cette hypothèse s'appuie sur la profondeur du chenal du golfe St- Laurent.[1] Il y avait là une plaine qui forme maintenant le plancher en dessous de la mer. Celle-ci étant une continuation de la vallée Laurentienne d'origine fluiviale a nécessité une forte élévation de la région des lacs qui a duré une longue époque.

On voit que le continent a été soulevé encore plus haut plus tard, au moyen des cañons partiellement explorés à l'embouchure du golfe du St-Laurent à l'embouchure du Maine et en beaucoup d'autres endroits; mais spécialement à l'embouchure de l'Hudson que j'ai pu récemment explorer en détail. Là, le cañon de l'Hudson, avec une largeur de cinquante milles a une profondeur qui atteint 4,000 pieds en dessous de l'étagère continentale et peut-être suivie à une profondeur de 7,500 pieds en dessous du niveau de la mer.

Conformément à mon hypothèse fondamentale nécessitant une élévation du terrain à une hauteur de 2,000 pieds au

1 "High Continental Elevation preceding the Pleistocene period," par J. W. Spencer. Bull. Geol. Soc. Am., Vol. 1, pp. 65–70, 1890.

moins, la période de grande élévation a été très longue, durant le temps où s'est creusé le chenal dans le golfe et la formation des vallées des grands lacs. Telle était la condition du continent quand les vallées des lacs se sont achevées avant la période glaciaire. S'il est survenu durant cette époque de l'abrasion ou de l'arrondissement des surfaces abruptes, les vallées n'ont pas été labourées par les glaciers, comme le montre la direction des stries sur les surfaces rocheuses, direction toujours obliques à la paroi de l'escarpement. Comme il a été dit plus haut, les bassins des lacs passaient autrefois pour avoir été excavés par les glaciers, mais depuis la publication de mes premières études sur l'origine des bassins, ce sujet n'a pas beaucoup provoqué l'attention, la controverse a cessé et l'intérêt a tombé. Bien que plusieurs géologues ont accru nos connaissances sur les traits au sud du lac, la reprise des sujets de bassin eux-mêmes apparaît dans une contribution postérieure du prof. A. W. Grabau.[1]

En essayant de donner une histoire complète des bassins des lacs depuis l'époque paléozoïque, il y a continué l'ancien drainage des hautes terres archéennes du Canada, comme il supposait qu'il était aux derniers moments précédant l'âge Glaciaire. En faisant cela il a tiré quelques conclusions remarquables. En supposant que le pays avait 2,000 pieds de plus que maintenant par un phénomène de relévement., il voit une vallée descendant de la baie Georgienne au lac Ontario et rejoignant la grande vallée du lac. Le parcours, de la baie Georgienne au lac Ontario longe celui que j'ai déjà décrit; puis entre dans le lac Ontario, créant là un chenal de vallée s'élevant d'une profondeur de 500 pieds à peu près en dessous du niveau de la mer, à plus de 700 pieds au-dessus. Ce chenal remonte à la vallée Dundas et au delà.

De la vallée Dundas, il suppose qu'il doit y avoir une continuation de la rivière au sud jusqu'au bassin Erié entre les

1 Bull. N. Y. State Museum, No. 15, 1904. *Voir aussi* 18th Rept. Com. Reserv., Niag. for 1901, pp. 42-54.

affleurements des systèmes du Dévonien et du calcaire Niagara, maintenant de 700 à 800 pieds au-dessus du niveau de la mer; mais on ne sait pas si elle remontait la vallée Cuyahoga à Cleveland ou la Maumee et traversait au Wabash.

Le redressement postglaciaire existe partout au nord-est et par conséquent, il faut en tenir compte, ce qui augmente la nécessité du soulèvement de la partie la plus profonde du lac Ontario au bassin Erié dans des proportions considérables. Au delà de la vallée de Dundas, dans la direction qu'elle marque, il n'y a pas de chenal, mais les vallées ensevelies qu'on a trouvées sont transversales. On sait maintenant que le chenal le plus profond entre le lac Erié et le lac Ontario est à quelque distance à l'est de celui qu'on a observé à Dundas. La topographie du pays est entièrement adverse au drainage. Le gauchissement postglaciaire est un mouvement constamment croissant, mais ses chenaux exigeraient une déformation s'élevant à dix pieds par mille si elle était uniforme (en plus de celle qui règne depuis la période glaciaire) et dont il n'y a pas la preuve la plus légère, et aucune déformation uniformément graduelle ne ferait naître les traits qu'il suppose ici. En un mot, le Prof. Grabau n'était pas familier avec la géologie et la topographie du pays qu'il veut décrire. Même s'il avait supposé les bassins des lacs excavés par des glaciers, ou si par des mouvements terrestres internes, les bassins des lacs s'étaient seuls enfoncés, la topographie de cette région n'auraient pas confirmé ses conclusions. Contre la totalité de cela, il y a le fait que le chenal, dans le bassin d'Ontario aurait eu à charrier les eaux en remontant à une hauteur de plus de 1,000 pieds jusqu'au sommet de l'escarpement Niagara, et indiquerait proportionnellement un soulèvement pré-glaciaire de plusieurs milliers de pieds au nord-est tandis que nous savons que l'élévation relative là était beaucoup moindre que maintenant. En même temps, cet escarpement Niagara fait partout face à un pays découvert et plus large au nord-est, sans faire supposer

qu'à l'ancienne époque de la formation des lacs le pays était aussi même que l'escarpement, bien au contraire.

Le travail du Prof. Grabau dont il vient d'être paru était destiné à être un guide du Niagara et il y avait rassemblé beaucoup de renseignements précieux. Qu'elles qu'aient été les conditions antérieures dans les temps paléozoïques il est malheureux qu'il ait essayé de porter son hypothèse uniforme sur de vastes périodes jusqu' au temps de l'achèvement des plateaux des lacs, comme cela existait juste avant la période glaciaire.

TRIBUTAIRES MÉRIDIONAUX DES ANCIENNES VALLÉES LAURENTIENNES RENVERSÉES MAINTENANT—L'OHIO ET LES AUTRES.

Comme l'a trouvé, il y a bien des années, M. J. F. Carll, les bras supérieurs de l'Alleghany se jetaient autrefois dans le lac Erié. Plus tard, sur la preuve des forages, j'ai émis l'idée que le haut Ohio avec son affluent, la Monongahela étaient autrefois renversés, s'égouttant par les vallées Beaver, Mahoning, et Grand River dans le bassin Erié. Ce sujet a été examiné plus à fond par le Dr P. Max Foshay,[1] qui a baptisé le drainage renversé d'après le présent auteur. La rivière ainsi nommée fut encore mise en dispute par le prof. I. C. White, mais sur une autre observation de M. Leverett on a trouvé que le plan de la rivière est à un niveau plus élevé que celui qui avait été mis en doute, si bien que le professeur White a changé d'avis en disant que:—"Il est maintenant assez sûrement établi par le travail de Carll, Spencer, Foshay, Hice, Chamberlin, Leverett et 'autres, que les eaux de la Monongahela, de la basse Alleghany et du haut Ohio s'égouttaient au nord dans le bassin du lac Erié à l'époque préglaciaire.[2]

En conséquence, l'aire de drainage préglaciaire du bassin Erié avait un versant étendu atteignant une centaine de milles

1 Preglacial Drainage, Western Penn. Am. Jour. Sc., iii vol. XI., pp., 397–403., 1890.
2 Am. Geol. Vol. XVIII, p. 368, 1896.

dans la Virginie Occidentale, si bien que l'égouttement et la totalité du bassin supérieur de ce qui est maintenant la rivière Ohio s'égouttait alors dans le bassin Erié.

La Genesee de New-York et de la Pennsylvanie était un affluent préglaciaire du lac Ontario, mais ce cours était obstrué en un endroit qu'il a quitté, se faisant un nouveau chenal avant d'atteindre le lac. La rivière moderne suit un parcours qui fait trois chutes à Rochester. Seneca (profond de 605 pieds ou 359 pieds en dessous du niveau du lac Ontario), et les lacs, Cayuga étaient des vallées tributaires. Je m'en suis beaucoup occupé en étudiant l'origine du lac Ontario, mais plus récemment, le prof. R. S. Tarr[1] a appelé l'attention sur un chenal enseveli à la tête du lac Cayuga (profond de 435 pieds) atteignant une profondeur de 430 pieds plus bas que sa surface ou 274 pieds en dessous du lac Ontario. Ce lac est presque droit au sud de l'endroit le plus profond du lac Ontario (738 pieds).

Les conclusions quant à l'origine des bassins des lacs sont qu'ils étaient des vallées de l'ancienne rivière laurentienne et de ses affluents, obstruées par des dépôts de transport et des gauchissements subséquents. Ces vallées se sont formées quand le continent était beaucoup plus haut qu'à présent et la large vallée, de la rivière St-Laurent s'étendait continuellement de la région des lacs aux plaines entre la Nouvelle-Angleterre et les montagnes laurentiennes, et de là aux plaines qui forment maintenant le plancher du golfe St-Laurent, traversé par un chenal à 2,000 pieds en dessous du niveau de la mer. Ce chenal profond reçoit des affluents de plusieurs directions comme on l'a décrit.[2]

La nature des bassins des lacs étant maintenant décrite il sera plus facile de comprendre les relations des anciens drai-

---

1 Jour. Geol. Vol. xii, pp. 70–73, 1904.

2 "High Continental Elevation preceding the Pleistocene period," by J. W. Spencer. Bull. Geol. Soc. Am., vol. i., pp. 65–70, 1890. Also, "Evidences as to Changes of Sea Level". Bull. Geol. Soc. Am., vol. vi., pp. 141–166, 1895.

nages du district Niagara. Les débouchés depuis la vallée Erié jusqu'au bassin Ontario ont été omises de ce travail vu qu'ils forment un sujet additionel en dehors de leur portée immédiate sur le Niagara.

CHAPITRE XXXVI.

PÉNINSULE NIAGARA.

Préface.
Traits de la péninsule Niagara.
Géologie de la péninsule.
Elévation des plaines Erié.
"Short Hills" et les arêtes de sable.
Vallée Grand River–Dundas–Ancien drainage.

PRÉFACE.

La découverte de la vallée Falls Chippawa a été le résultat de l'investigation de la nature du bassin aux chutes Niagara. En raison de sa profondeur on a été obligé de rechercher son prolongement avec un débouché dans le bassin Ontario inférieur si on pouvait le trouver, car il ne s'en offrait pas d'autre, sauf par la vallée Dundas dans le lointain. Tant qu'on ne trouvait pas un débouché de ce genre, le bassin des chutes du Niagara aurait été inintelligible mais aurait été probablement attribué à l'érosion glaciaire. D'autre part, la découverte qui a été faite en suivant les lignes théoriques complète un chapitre de l'histoire des lacs.

CONFIGURATION DE LA PÉNINSULE NIAGARA.

La péninsule Niagara qui sépare le lac Erié du lac Ontario montre une ligne de rivage denteléc le long du bord septentrional du lac Erié, mais si les points étaient reliés par une ligne on la trouverait relativement droite. D'un autre côté bien qu'aucune pointe saillante ne se projette dans le lac Ontario, il n'y a pas de dentelure saillante dans la ligne de rivage de ce dernier qui a sa plus grande profondeur entre Port-Dalhousie et le port de Jordan. Là l'encapement enfonce la ligne de rivage de plusieurs milles en dedans de l'embouchure de la rivière Niagara. En dedans de cette rive, il y a une plaine qui se sou-

lève doucement jusqu'au pied de l'escarpement Niagara, qui, à la rivière est à peu près à sept milles du lac, tandis qu'à Grimsby, vingt-sept milles à l'ouest, l'escarpement est à sept milles au plus des rives d'Ontario. Le pied de l'escarpement limité par la plaine en avant d'Iroquois Beach à une hauteur de moins de 130 pieds à la rivière Niagara. Cela diminue légèrement en avançant à l'ouest. Près de son front, l'escarpement a une altitude générale de 320 à 340 pieds au-dessus du lac Ontario, avec le versant à pas plus de deux à quatre milles généralement.

Au sud-ouest de Ste-Catherine, c'est-à-dire derrière la partie la plus profonde de la dentelure de la rive du lac Ontario il y a une grande baie dans l'escarpement Niagara (voir chapitre XXXVII).

GÉOLOGIE DE LA PÉNINSULE.

L'escarpement du Niagara est formé par la même série de calcaires et de schistes décrite le long de la gorge de la rivière Niagara. Les calcaires donnent naissance au relief escarpé. Partout où les petits cours d'eau le traversent, il se produit des chutes pittoresques, avec de petits cañons ayant quelquefois un demi-mille de longueur, comme le long du creek Beaver Dam aux chutes De Cou, et du creek Twenty-mile au sud de Jordan. Après avoir passé le front de l'escarpement les calcaires superficiels sont habituellement couverts d'une épaisseur considérable de transport avec les plus larges affleurements de roche le long de la rivière Niagara.

Du côté Erié de la péninsule il y a une autre arête de calcaire ensevelie sous les plaines. Cela existe le long de la rivière Niagara jusqu'à une distance de deux milles du lac. A la surface elle est généralement couverte d'une mince couche de drift, mais on la trouve à une profondeur de quelques pieds. Néanmoins la surface du pays au sud du lac Erié s'élève rarement plus haut que douze à vingt pieds au-dessus du lac bien

que, près de fort Erié, elle est plus haute, comme aussi près du versant en arrière de l'escarpement Niagara.

En atteignant la surface du pays au-dessus de l'escarpement Niagara, l'apparence générale est celle d'une plaine remarquablement horizontale et, à l'œil, les traits sont les mêmes tout le long, de là au côté nord de l'arête basse de calcaire Cornifère près du lac Erié, bien qu'il y ait un large bassin entre ces zones de calcaire surmontant les formations tendres Salina. Celle-ci est composée de schistes clairs, foncés ou noirs avec ou sans nodules de gypse ou lits de gypse et de calcaires impurs, tous matériaux qui se détruisent facilement. Ceci a amené une dépression dans la surface rocheuse en dessous des terrains reconnue depuis plus de soixante ans. De plus elle est couverte de transport au point de faire une plaine continue de quelques pieds seulement au-dessus du lac Erié sans montrer aucune dépression sur la surface due aux traits ensevelis.

ÉLÉVATION DES PLAINES ÉRIÉ.

Ces plaines sont traversées dans la direction de l'ouest à l'est par un creek qui, au village Chippawa, est à dix pieds en dessous du niveau du lac Erié, à Welland, où il passe sous le canal Welland, il est à neuf pieds en dessous de la surface du lac, et au port de Welland, comme on voit sur la carte, le creek est encore au-dessous du niveau. La partie méridionale de la péninsule de Dunnville à Welland est traversée par le canal d'alimentation avec la surface de l'eau à huit pieds au-dessus du lac. Des marécages étendus ont continué aussi à exister jusqu'à récemment et quoiqu'ils soient maintenant drainés, la surface, en beaucoup d'endroits ne peut pas dépasser cinq pieds au-des-sus du lac. Cela donne une idée générale de la platitude de la péninsule Niagara. Il y a à cette assertion quelques exceptions.

"SHORT HILLS" ET LES ARÊTES DE SABLE.

Il y a des arêtes de sable et de gravier à une hauteur de 443 pieds au-dessus du lac Ontario au sud du St-David (page 225); une colline semblable à Lundy Lane, Drummondville (page 222) s'élève à 465 pieds se prolongeant comme arête dans le voisinage des chutes Niagara. Il y a une autre éminence au sud-est du village Chippawa. L'arête la plus remarquable se dresse à l'ouest de Fort Hill jusqu'à 320 pieds au-dessus du lac Erié. Elle s'amincit au sud-ouest sur trois milles de distance, jusqu'à près de Fenwick avec une largeur de presque un mille et quart bien que les parties les plus hautes ne dépassent pas un demi-mille. Il se compose entièrement de transport qui, dans les coulées profondes, de son côté nord, se compose en majeure partie de sable argileux stratifié et de gravier, bien que la partie plus élevée du sommet soit une argile sableuse contenant quelques cailloux et de petites pierres d'origine alluviale. Autour des collines, il y a a un fragment de la plage Forest formée par l'action des vagues sur les matières de la colline. Sa hauteur est de 221 pieds au-dessus du lac.

Les coulées du côté septentrional de cette colline appelée "la montagne" descendent et se réunissent avec d'autres plus profondes qui ont partiellement excavé la vallée ensevelie. Le pays est entrecoupé de collines escarpées et de profonds ravins qui sont désignés sous le nom de "Short Hills" et connues comme telles dans l'histoire.

Le cours d'eau principal traversant le plateau Niagara porte un vieux nom qu'il a reçu des Indiens, et dans le pays, on l'appelle partout creek Chippawa ou le "creek" et la "rivière" s'applique au Niagara. Par arrêté ministériel de 1820 le nom a été officiellement changé en celui de Welland river, lequel n'a jamais été accepté dans la localité quoiqu'il figure sur la dernière carte officielle.

A l'écart des arêtes de sable signalées, le sol de surface est d'argile et d'argile sableuse avec seulement des bandes de sable en quelques endroits. A quelques pieds en dessous de l'argile on trouve les sables et les graviers. Quand les sables surmontent les graviers ils sont de la nature de plages. Nulle part à la surface du pays, au sud de Font Hill, il n'y a de soupçon de vallées ensevelies. Cette colline surplombant les plaines paraîtrait opposée à leur existence. (Pour les caractéristiques au district de la rivière du Niagara supérieur, voir chapitre IX.)

VALLÉE GRAND RIVER–DUNDAS, ANCIEN DRAINAGE.

A l'ouest du méridien de Dunnville, le pays s'élève à une hauteur plus grande avec des traits plus variés, bien que surmontant des formations Salina sur laquelle coule généralement la Grande Rivière. Auprès de Brantford, il y a une vallée profonde, large, réexcavée formant un trait superficiel marqué.

Le versant nord de la Grand Rivi approche de la lisière du pays haut auquel l'escarpement Niagara sert de façade, comme au sud d'Hamilton où il est à 492 pieds au-dessus du lac Ontario. Près de la lisière méridionale de la vallée à Onondaga, il y a une vallée ensevelie à 116 pieds ou à un niveau à vingt pieds au-dessous du lac Erié. Au nord, les roches sont absentes sur une grande profondeur, comme à Jerseyville, (à une vingtaine de milles du lac Ontario) où les puits ont 150 pieds de profondeur jusqu'à la roche ou jusqu'au niveau du lac Erié. De là à la vallée ensevelie Dundas, on sait que la profondeur est très grande. Près d'Ancaster, le mur rocheux du côté méridional de la vallée Dundas est sous le transport qui forme aussi des collines dans la partie supérieure de la vallée. Sa largeur entaillant l'escarpement de calcaire a deux milles et demi, mais il s'élargit partiellement de façon à inclure les plaines de Hamilton dans un élargissement au fond du lac Ontario. A Hamilton, la vallée Dundas ensevelie atteint 292 pieds en dessous du niveau du lac. On trouve qu'il y a là une dépression profonde ensevelie à tra-

vers la formation Niagara allant jusqu'à la vallée Salina ensevelie et au lac Erié avec un affluent de la partie supérieure du district Grand River qui s'y jette également.

Le plan repère de cette dépression partiellement explorée en dessous de celle de la surface actuelle du lac Erié était encore abaissée dans les anciens jours avant le gauchissement post-glaciaire qui a soulevé le district au sud de Dundas à une hauteur considérable au-dessus du plan Erié.

Avant les explorations récentes, la vallée ensevelie Grand River-Dundas était la seule dépression connue entre le lac Erié et le lac Ontario capable d'abaisser les lacs d'en Haut, pourvu que les dépôts de transport fussent enlevés. Mais les études là étaient entre les premières investigations faites et elles n'ont jamais été prolongées.

Plus tard, il devint aussi apparent qu'il y avait aussi une dépression sans profondeur près du canal Welland suffisante pour abaisser le lac Erié si les matières de transport étaient enlevées.

Quand on trouva que la vallée Falls-Chippawa atteignait bien en-dessous de la surface du lac Erié, la question du débouché préglaciaire du bassin Erié nécessitait plus ample investigation (*voir* chapitre suivant).

CHAPITRE XXXVII.

DÉCOUVERTE DU DÉBOUCHÉ ERIÉ.

Chenaux profonds du lac Erié.
Bassin Salina.
Forage de puits.
Frontière méridionale du calcaire cornifère
Frontière septentrionale du calcaire Niagara et de la dépression Thorold.
Traits du district "Short Hills."
Cañon Erigan.
Chutes De Cou et Swaze.
Pente du débouché Erigan du bassin Erié.
Tributaires de l'Erigan.
Traverse des dépressions des lacs.

CHENAUX PROFONDS DU LAC ERIÉ.

Les chenaux profonds ensevelis à des profondeurs plus bas que le plancher du lac Erié ont été cités page 414. Ils existent à des profondeurs de 120 pieds et plus, près de Buffalo, et de 228 à 400 pieds dans le voisinage de Cleveland comme le montre le drainage préglaciaire qui régnait autrefois sous le plancher actuel du lac qui, depuis, a été couvert de dépôts de transport. Ceci demandait la découverte d'un débouché de ce qui est maintenant le bassin Erié.

BASSIN SALINA.

On a constaté que sur l'île Grand (à Sour Grove) des puits dans le transport ont atteint soixante pieds, bien qu'il y ait de la roche de surface dans les extrémités septentrionale et méridionale de l'île. A Tonawanda, les roches ensevelies sont à cinquante pieds au-dessous de la surface, tandis qu'à Gatzville, cinq mille et demi à l'est, on a vu qu'un plancher rocheux allant de douze à quatre-vingt-seize pieds de profondeur (près du creek).

On a trouvé que la vallée Falls-Chippawa atteint quatre-vingt-dix pieds en dessous du niveau Erié. C'est le plus profond des chenaux du canal Welland. La vallée Dundas est très loin de là si bien qu'il a fallu d'autres forages pour s'assurer quel était le débouché de la vallée Falls-Chippawa.

FORAGES DE PUITS.

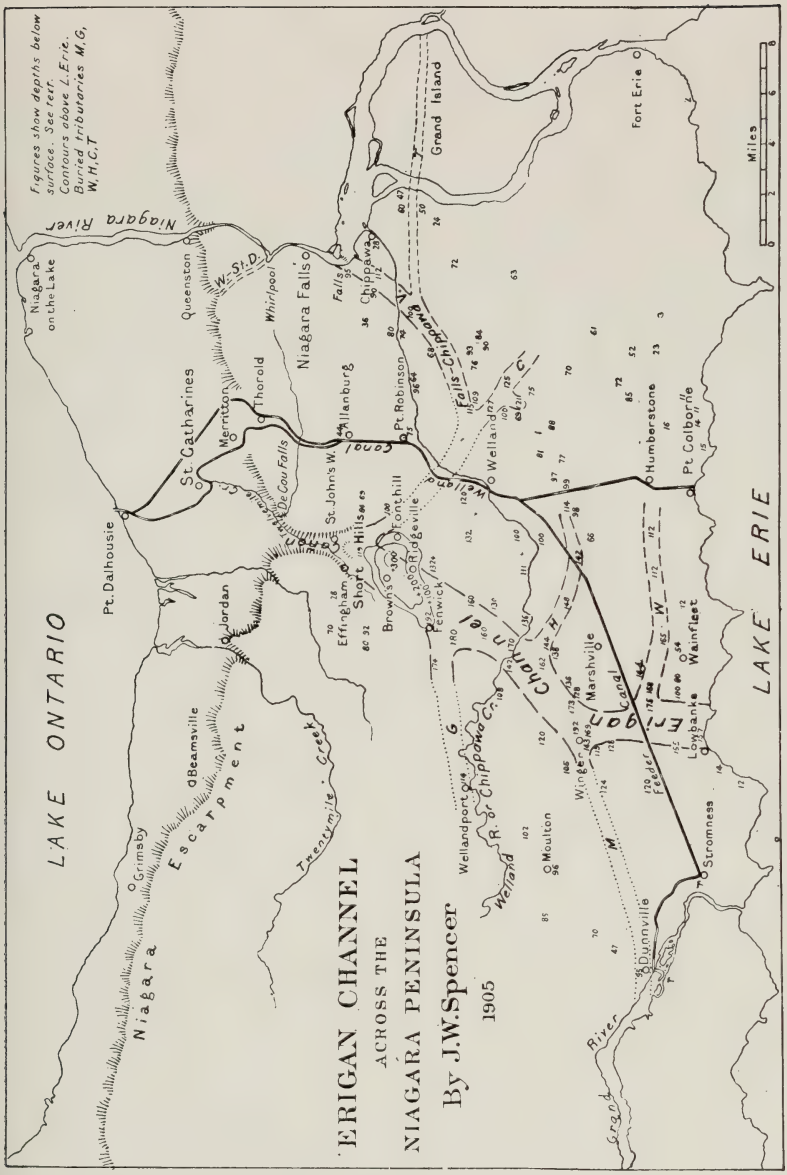
Des journaux de forage ont montré la grande profondeur de la vallée au bassin ensevelie. On en a trouvé d'autres indiquant que les parties les plus profondes du bassin ne vont pas jusqu'à la vallée Dundas bien qu'il y ait des puits profonds sur toute la distance.

Heureusement, à cette époque, on pouvait se procurer beaucoup de renseignements au moyen des puits de gaz et des puits à eau foncés. Les officiers des compagnies de puits de gaz, les foreurs de puits à eau et autres ont mis toute la courtoisie possible pour me communiquer leurs renseignements. J'ai visité beaucoup d'emplacements de ces puits pour me rendre compte de la topographie superficielle.

La carte planche XLI, montre les positions et profondeurs des puits. Leurs hauteurs au-dessus du niveau de l'eau ne sont pas données sur la carte bien que beaucoup aient été déterminées. On connaît cependant les hauteurs approximativement. Ainsi, le canal d'alimentation qui est à huit pieds au-dessus du lac est en beaucoup d'endroits plus haut que le niveau du paux. Les creeks principaux jusqu'au delà de port Welland sont en dessous du niveau du lac avec les berges montant à douze et quelquefois vingt pieds. Le pays est généralement une plaine sauf à l'arête Font Hill, sur le flanc de laquelle il y a le puits Fenwick, (quarante-cinq pieds au-dessus du lac). A l'église Quaker le puits est à cinquante et un pieds au-dessus du lac. Quand il n'y a pas de spécification, le niveau général, au sud de Ridgeville et de Fenwick, ne dépasse pas dix à vingt pieds. On peut en dire autant des caractéristiques partout à l'écart de l'arête signalée qui monte à 300 pieds au-dessus du lac Erié. Cette colline est indiquée sur la carte par des courbes.

En établissant les profondeurs des puits on s'est aperçu que les chenaux ensevelis pouvaient être suivis à travers le plancher du bassin Salina. Ceux-ci se disposent en système, ce qu'on pouvait difficilement atteindre sans avoir plus de forages.

PLANCHE XLI.



Chenal Erigan, traversant la péninsule de Niagara.

FRONTIÈRE MÉRIDIONALE DU CALCAIRE CORNIFÈRE.

Elle a une largeur générale de deux milles à peu près, bien qu'un peu plus large en approchant de la rivière Niagara et plus étroite vers l'ouest. Elle a deux milles de large quand le canal Welland la coupe. Sa surface est finement couverte de dépôts terreux. Le côté nord de cette zone est nettement tracé en ce qu'il forme un escarpement maintenant enseveli de 80 pieds au moins de hauteur. Ce trait, entièrement enseveli a été mis au jour par les forages de puits qui révèlent la disparition abrupte du calcaire. On voit occasionnellement les mêmes roches sur la rive du lac et passer sous les eaux basses. Près du bureau de poste de Lowbank, il y a une baie dans la rive du lac de deux milles à peu près de largeur. Là la rive a pour façade des dunes de sable de dix à vingt pieds de hauteur avec un pays plat en arrière qui n'a pas plus de cinq ou six pieds au-dessus de l'eau. Près de la rive du lac, à l'est du village de Lowland (sur la ferme de Cyrenus Barrick) le calcaire fait entièrement défaut, tandis que le puits est dans le transport jusqu'à une profondeur d'environ 150 pieds au-dessous du niveau du lac. Un autre puits, un peu plus à l'intérieur montre la même absence de roche jusqu'à une profondeur de 155 pieds. D'autres puits à l'est indiquent aussi qu'il n'y a pas de roche jusqu'à 100 pieds de profondeur avec l'arête de calcaire cornifère, jusqu'au delà venant à la surface. En un mot, la baie de la rive du lac Erié doit sa forme à la vallée ensevelie actuelle qui coupe la zone de calcaire. Cette vallée a maintenant été suivie en travers des townships. Moulton et Wainfleet, mais est située à l'est du village Lowbank qui est à sa lisière occidentale. Partout, au delà de Lowbank le calcaire approche de la surface et donne à la rive du lac son caractère.

FRONTIÈRE SEPTENTRIONALE DU CALCAIRE NIAGARA ET DE LA DÉPRESSION THOROLD.

A la rivière Niagara, la zone de calcaire Niagara a presque sept milles de largeur et on trouve que sa largeur méridionale,

déterminée par les forages de puits continue presque droit à l'ouest du village Chippawa et au sud du village Allenburg, si bien que, dans le voisinage des ''Short Hills'' il est réduit à une largeur approximative de 4 milles. Cette restriction de largeur est due cependant à une dentelure dans le front de l'escarpement sur la surface duquel se voit la roche. Mais en gagnant le sud, la roche s'ensevelit vite dans une profondeur modérée de transport.

La surface de la montagne qui fait face au lac Ontario n'est pas plus haute que le niveau du lac Erié ou peut être plus basse de vingt-cinq pieds au plus. Le pays en arrière s'élève rarement à plus de vingt-cinq pieds de plus. La "montagne'' Font Hill déjà citée est seulement une arête de transport formant la plus haute portion des ''Short Hills'' montrée par des courbes sur la carte.

En approchant du côté méridional de la zone de calcaire Niagara, à deux milles au sud de Allenbourg, les puits deviennent de plus en plus profonds en passant dans le bassin Salina. La profonde tranchée, du canal Welland (situé au sud de Allenburg) est à trente-six pieds au-dessus du lac Erié. A Thorold on voit les roches adjacentes au canal. Il y a là cependant une ancienne vallée préglaciaire entaillant un peu la face de l'escarpement comme s'il pouvait y avoir eu autrefois un chenal tirant des eaux du bassin Erié. Il était formé d'un petit cours d'eau qui constituait un léger trait topographique dans la face de l'escarpement, peut-être un peu plus grand que le canal Whirlpool St-David déjà décrit.

CONFIGURATION DU DISTRICT "SHORT HILLS."

A l'ouest de Thorold l'escarpement Niagara s'abaisse au sud. Sur une distance d'une douzaine de milles, l'allure de la montagne forme une baie reculant à une profondeur de trois milles en face de l'escarpement. Elle atteint son endroit le plus éloigné en avant des "Short Hills". De la même façon en

avant de la dentelure précitée, il y en a une baie correspondante, mais beaucoup plus profonde sur les rives du lac Ontario, taillée dans les schistes tendres de Medina, tandis que l'escarpement lui-même est coiffé de calcaire dur. Cette dentelure est un trait topographique de date préglaciaire due à l'érosion et ce n'est pas une courbe dans la zone de calcaire, mais elle y est entaillée. De plus, cette baie commence à un promontoire bien visible à l'est de Merritton et va jusqu'à un autre, du côté ouest, à neuf milles de distance de Jordan. Cette incision ne se voit pas seulement sur la face de l'escarpement de la rive du lac, mais on la voit dans la dépression sur la surface de la roche encaissante en ce que l'altitude est réduite de vingt-cinq ou peut-être de cinquante pieds, amenant la surface du pays en dessous du niveau du lac Erié, conformément aux versants des anciens temps. Au fond de cette baie, à partir des chutes De Cou il y a un grand cañon enseveli, allant au sud-ouest, mais réoccupé maintenant par des dépôts de drift montant de la terrasse Bell qui croise le débouché de la gorge. Ces plaines ont été très rongées et sculptées dans de grandes vallées à 100 pieds ou plus de profondeur, formant ainsi les "Short Hills" qui sur leur lisière méridionale montent dans la grande arête de transport de Font Hill déjà citée qui obstrue les têtes des vallées.

CAÑON ERIGAN.

Erigan était le nom que j'avais donné à la vallée ensevelie[1] qui traversait le bassin Erié à l'époque préglaciaire. Elle est formée de l'ancien mot indien "Eriga" (Erié). Comme on a découvert sa continuation à travers la péninsule Niagara le nom peut s'appliquer là comme ailleurs. L'extrémité est du cañon commmence près des chutes De Cou et se trouve sous le pays accidenté déjà décrit, le long du creek Twelve mile. Même aux chutes De Cou, comme dans les premiers établissements du pays sous le nom de chutes Beaver Dam; les

1 Proc. A.A.A.S., de 1888, citées déjà.

roches les plus hautes sont enlevées jusqu'à soixante-trois pieds au-dessous du niveau du lac Erié, si bien que la lisière extérieure du cañon est un peu plus plus à l'est sous la couverture de transport que l'ont peut trouver dans les puits moins creux.

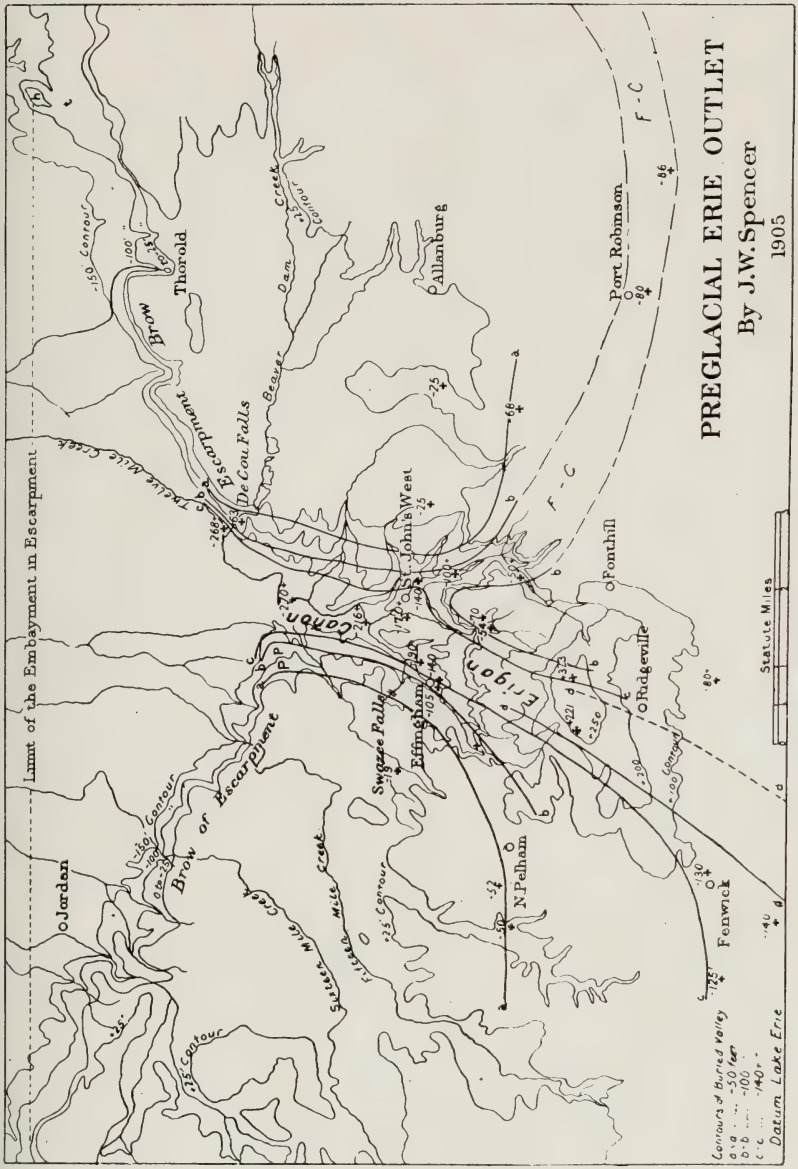
A St-John West, deux milles et demi en deça de l'ancienne gorge, mais sur son flanc oriental montant, les roches sont à 140 pieds en-dessous du niveau Erié. Au delà de cet endroit la vallée tend plus à l'est et descend de 100 et 68 pieds au-dessous de l'Erié où l'on a trouvé la roche dans les puits, ce qui montre que la zone de calcaire Niagara, comme trait superficiel a été traversée. Un mille à l'est de St-Johns West les roches du côté droit de la vallée se sont soulevées à 115 pieds (ou vingt-cinq pieds plus bas que le niveau Erié) (voir planche XLIII). Plus près du millieu de la gorge ensevelie, à deux milles en deça des chutes De Cou, le chenal est ouvert à une profondeur de même 216 pieds en dessous du niveau Erié avec la profondeur de transport non déterminée.

Du côté ouest, les murs rocheux se voient mieux. A l'extrémité extérieure, il y a un promontoire en cap très saillant. Il y a aussi là un échelon dans l'ancienne topographie, si bien qu'il y a aussi un mur interne car le cañon paraît avoir été double. Le sommet de la gorge interne est montré là par la surface rocheuse et est à 232 pieds au-dessus du lac Ontario, tandis que la gorge extérieure, un demi-mille plus loin à une hauteur de 280 pieds. Le pays se soulève au delà. En remontant ces vallées, la berge intérieure se couvre de transport sauf là où des cours d'eau latéraux la coupent; tandis que les plus hautes peuvent facilement être suivies comme un escarpement à deux milles et demi au sud-ouest à Effingham ou à trois milles et demi de l'embouchure des chutes De Cou. Aux moulins Effingham, la berge inférieure de roche se voit à 105 pieds au-dessous du niveau de l'Erié, tandis que la coulée descend vers la vallée plus profonde s'étendant de 140 à 190 pieds plus

bas que le niveau Erié. Là, le grès Medina du versant occidental du cañon est visible. En amont du moulin, les roches de calcaire du mur extérieur de la gorge sont légèrement visibles, mais généralement ensevelies dans le transport. Ceci est sur le côté occidental de la vallée ancienne qui a été rouverte par des cours d'eau sur une autre distance d'un mille à peu près vers le sud-ouest où la surface monte au niveau du lac Erié. Depuis Effingham en allant au sud-ouest, les puits montrent que l'on a passé le bord méridional de la zone de calcaire Niagara jusqu'à une profondeur de cinquante pieds au moins plus bas que le niveau Erié. Comme un tournant semblable a été trouvé du côté oriental il est évident que le cañon enseveli extérieur découpe les lits durs de calcaire sur une largeur d'entre deux et trois milles, tandis que la gorge interne est plus étroite (*voir* planches XLI et XLII.) La profondeur de la colline de drift rend l'exploration difficile mais vers le côté est une arête de roche se monte à cent pieds en-dessous du niveau Erié avec un chenal plus profond au delà où le chemin de fer électrique coupe le grand ravin. Les forages dans le ravin, jusqu'à trente pieds n'atteignent pas la roche. Il semble qu'il y a eu là un ancien affluent. La direction de la vallée principale est au sud-ouest sous la partie occidentale de l'amas de Font Hill. Avec l'établissement du fait que la vallée ensevelie croise la zone Niagara, il était nécessaire de s'assurer si les formations rocheuses étaient près de la surface du côté méridional de la colline. En conséquence, on a fait des forages à l'église Quaker au sud de Ridgeville à travers la surface argileuse de huit pieds, puis à travers du sable mouvant jusqu'à 132 pieds sans rencontrer de roche. Puis les travaux ont été arrêtés. 'Il est regrettable qu'on n'ait pas constaté exactement la profondeur totale du transport mais les travaux ont été exécutés jusqu'à quatre-vingt pieds en dessous du niveau Erié.

Comme cela a été indiqué, il y a une dentelure de trois milles en face de l'escarpement Niagara, ce qui fait pen-

PLANCHE XLII.



Carte de la péninsule Niagara, montrant les forages qui révèlent l'ancien débouché au bassin Erié.

ser qu'il y avait autrefois un large débouché d'une grande rivière. Au fond de la baie on trouve maintenant un cañon plus ou moins enseveli avec le lit du creek dans la gorge rouvert maintenant jusqu'à une profondeur de 270 pieds plus bas que le niveau Erié sans atteindre le plancher rocheux. Sur trois milles plus loin dans le cañon, la vallée est ouverte jusqu'à 140 pieds plus bas que le lac Erié et de plus fortes profondeurs sont à découvert plus loin jusqu'à ce qu'elle soit obstruée par la forte arête de drift. Font Hill au delà de laquelle on a retrouvé la vallée en forant. C'est la section du cañon dans la formation Niagara (*voir* planche XLII.)

L'allure du cañon est légèrement oblique à la ligne qui traverse son embouchure à l'ouest des chutes De Cou. Comme on voit dans la figure 29, le cañon extérieur a deux milles de largeur et l'intérieur, un mille et quart.

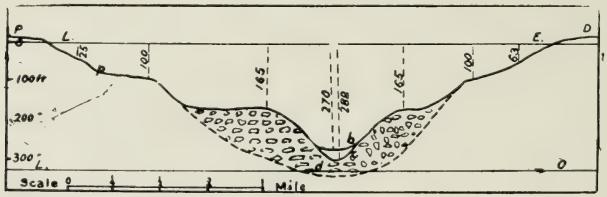


Fig. 29.—Coupe transversale de l'embouchure du cañon Erigan. D, chutes De Cou; Pp points des débouchés de la gorge interne et externe, du côté occidental; L O niveau du lac Ontario; C. lit du creek Twelve mile; remplissage de la gorge jusqu'au-dessus de la terrasse Bell ou 165 pieds au-dessus du lac Ontario.

Il n'y a pas d'incision semblable dans l'escarpement Niagara au delà de ce point avant qu'on atteigne la vallée Dundas. Celle de Thorold est relativement petite. Aucun cours d'eau apparent, n'aurait pu faire le grand cañon ou les traits qui l'accompagnent.

Le pays est loin de tout chemin de fer et étant entrecoupé de chemins difficiles on l'évite bien qu'il soit beau et fertile. Les cartes disponibles ne montrent pas de traits topographiques. En conséquence, ce pays a échappé aux explorateurs ou aux géologues de chemin de fer. Mais la dentelure qui aurait pu

être suggestive est obstruée plus loin par Font Hill, après quoi, sur la surface des plaines basses il n'y a pas le plus léger relief topographique ou trait géologique, même avant d'atteindre le lac Erié, propre à faire supposer une vallée ensevelie.

CHUTES DE COU ET SWAZE.

Chute De Cou—La chute De Cou est à l'angle que fait la vallée du creek Twelve Mile à sa sortie de l'escarpement. La chute est sur le creek Beaver Dam au débouché du cañon Erigan. Après être descendue du barrage de la Power Company, quarante-deux pieds à peu près au bord de la roche, elle tombe en trois cascades avec des rapides intermédiaires, la hauteur totale étant de 224 pieds. Le cañon qu'elle fait a presque un demi-mille de longueur. La cataracte supérieure sur les calcaires inférieurs Niagara et les schistes cascade maintenant sur soixante-dix pieds à peu près; la seconde qui part des couches Clinton a une hauteur de quarante-cinq pieds et la troisième descend sur les grès gris Medina. Le tout est un trait postglaciaire du même âge que les chutes Niagara.

La chute Swaze est dans un joli ravin sur un bras occidental du creek Twelve Mile, trois quarts de mille au nord d'Effingham. Il est partiellement creusé dans les matériaux de transport et partiellement dans le calcaire Niagara avec les schistes sous-jacents visibles. Un peu plus bas dans le ravin, la bande épaisse Clinton de calcaire, surmontant une couche fine de schistes Clinton forme une seconde chute ou rapide. Plus loin, on voit aussi quelques couches supérieures de schistes et grès rouge Medina. Le ravin est un tributaire du cañon Erigan rouvert.

CHENAL ÉRIGAN OU DÉBOUCHÉ ÉRIÉ ENSEVELI.

En revenant à la carte, planche XLI et en étudiant les forages, j'ai été étonné que les preuves réunies jusque-là ne montrassent pas seulement un bassin général dans la formation

Salina, mais aussi des chenaux la croisant, enseveli maintenant sous jusqu'à 192 pieds de drifts, là où le sommet du puits n'est pas à plus de dix ou douze pieds au-dessus du lac Erié. En conséquence ces forages mettent à la lumière un chenal à 180 pieds au-dessous du niveau du lac, qui a été creusé dans une roche schisteuse tendre, tandis que la profondeur générale du schiste qui remplit le bassin Salina est peut-être de 100 pieds ou un peu moins.

L'auge profonde paraît avoir une largeur de deux milles. Lowbank est du côté ouest du chenal mais là la roche se rapproche de la surface. A peu de distance à l'est, un forage dans le chenal montre une profondeur de 150 pieds au-dessous du lac. Il est aussi à l'ouest du milieu de la tranchée eusevelie. Ou a fait près de Winger beaucoup de forages et ils sont souvent si rapprochés les uns des autres qu'ils ne peuvent pas figurer sur la carte. Là le chenal atteint à 180 pieds plus bas que le lac. Plus loin, évidemment sans bien atteindre la partie la plus profonde les forages montrent une absence de roche jusqu'à une profondeur de 160 pieds. A Fenwick, du côté ouest on a trouvé au moyen de deux puits (profonds de 192 pieds) que le chenal enseveli atteint 134 pieds au-dessous du niveau du lac. Du lac Erié à cet endroit, la vallée a été localisée au moyen de forages presque à chaque mille ou plus près (*voir* carte, planche XLI.) La plus forte profondeur doit être trouvée entre Fenwick et Ridgeville. En suivant la direction de la vallée ensevelie, du lac Erié à Fenwick et en la prolongeant le long du même cours, à travers un espace de quatre milles seulement sans observation directe, sous le grand amas de drift de Font Hill, jusqu'à Effingham, on trouve maintenant que c'est un canon découvert dans le cours de la même direction. Le cañon a été déjà décrit. En conséquence le chenal enseveli du lac Erié en travers de la péninsule Niagara et de l'escarpement a été maintenant trouvé.

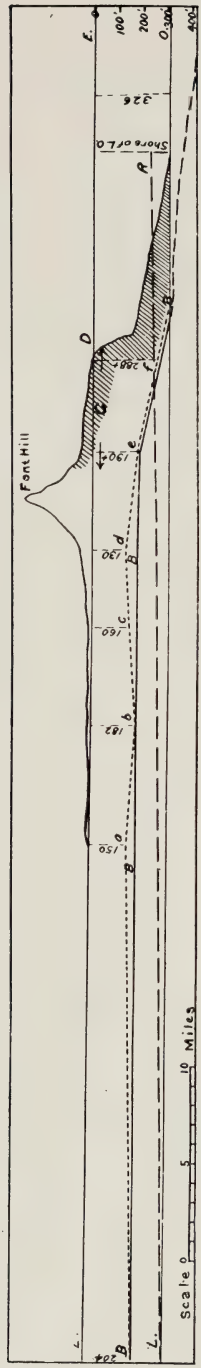


Fig. 30.——Coupe longitudinale du chenal Erigan traversant le plateau Niagara (a à D) par Lowbank et Effingham. L. E., niveau du lac Erié; L. E., niveau du lac Ontario. Partie la plus profonde du lac Erié à 204. Rive du lac Erié en (a). Là, les forages dans le drift ont atteint 150 pieds plus que le niveau du lac; (b) 180 pieds à Winger; (c) 160 pieds de profondeur, vers le côté est de la vallée; (d) 130 pieds, du côté ouest à Fennwick; (e) 190 pieds dans la coulée découverte à Effingham, du côté ouest; (f) 288 pieds dans le lit du cours dans l'intérieur de l'extrémité du cañon (C); toutes les profondeurs sont en dessous du niveau du lac Erié; L. R., représente le redressement postglaciaire, ligne avec laquelle, rabaissée au plan de l'eau, on peut comparer le lit du chenal préglaciaire BBBB.

PENTE DU DÉBOUCHÉ ÉRIGAN DU BASSIN ÉRIÉ.

La partie la plus profonde du lac Erié est à vingt-sept milles au sud de Lowbank (comme le montre la coupe longitudinale, figure 30). Le soulèvement postglaciaire de la région est d'à peu près un pied et demi par mille dans une direction nord-est (déterminée par l'élévation de la plage Forest à la pépinière de Brown, Font Hill et à Sheridan et Crittenden, N.-Y). Le soulèvement postglaciaire à l'extrémité occidentale du lac Ontario est de deux pieds par mille N. 25° E. En faisant les corrections pour la déformation postglaciaire, elle réduit le lit du chenal bien connu à Lowbank sur son côté ouest à 194 pieds; et même à l'église Quaker, du côté est, où le puit n'a pas été même jusqu'à la roche, on sait maintenant que la profondeur est de plus de 140 pieds plus bas que le lac Erié. Comme on l'a vu la profondeur du lac Erié n'est que de 204 pieds. On trouve donc que ce chenal arrive plus bas que le plancher du lac. Et puis dans le fond du creek à Effingham (à trois milles de la chute De Cou dans la gorge) la vallée est maintenant à 255 pieds plus bas que le niveau Erié sans atteindre son plancher rocheux.

En conséquence, j'ai pu obtenir des données qui établissent d'une façon concluante l'existence d'un chenal enseveli large de un à deux milles, croisant le plateau du Niagara et découpant l'escarpement à une grande profondeur.

Comme il y a eu à Forest Beach un soulèvement postglaciaire de 121 pieds entre Cleveland et Font Hill, dont une soixantaine de pieds seulement appartiennent à la région entre Cleveland et la partie la plus profonde du lac, les soixante autres pieds appartiennent à l'étendue entre le forage de 204 pieds et Font Hill. De cette quantité le débouché original du bassin Erié a été baissé dans l'époque préglaciaire au-dessous du niveau actuel. En conséquence, le plancher de la vallée découverte, sans atteindre la roche de fond, maintenant, dans les limites de

la gorge ensevelie représente un niveau de 305 pieds au-dessous des forages les plus profonds dans le lac Erié. En même temps, il y avait un changement postglaciaire un peu plus grave dans les niveaux que celui qui a été mesuré. On trouve d'après ces mesurages que le chenal enseveli Erigan, atteint une profondeur plus que suffisante pour avoir égoutté le bassin Erié dans les jours préglaciaires.

AFFLUENTS DE L'ÉRIGAN.

On trouve que le chenal Erigan n'est pas le seul sur la surface des formations Salina. On a maintenant localisé beaucoup d'autres chenaux. Il y en a un venant de la région à l'ouest de l'Erigan, approximativement le long du creek actuel d'égouttement qui au port de Welland est à 100 pieds plus bas que le niveau de l'Erié. Une autre vallée tributaire est adjacente à la rivière Grand avec une profondeur égale qui va vers l'est et se joint à l'Erigan, tandis que la rivière Grand moderne, abandonne son cours ancien et passe sur une zone rocheuse en aval de Dunnville (*voir* carte, planche XLI).

De plus, de l'est, on a trouvé un tributaire enseveli le long du pied septentrional de l'escarpement Corbonifère enseveli et un autre plus au nord et parallèle, aussi, un dans New-York, adjacent au creek Tonawanda. Celui-ci coupe la Grande Ile et s'étend à l'ouest jusqu'au chenal Erigan déjà décrit; mais, dans son cours, la vallée Falls Chippawa le rejoint. C'est ce trait qui a provoqué la découverte des vallées ensevelies qui ont donné la vraie explication des rapides d'En Haut de la rivière Niagara. Un autre tributaire du sud-est peut se suivre au travers de Welland (ville) rejoignant le précité et comme vallée large pénètre dans le côté sud-est du cañon Erigan au sud de St. Johns West, et en même temps contournant le coin de la lisière de calcaire Niagara, (*voir* carte, planche XLII).

Le creek Buffalo enseveli rejoignait l'Erigan ou quelque tributaire de celui-ci maintenant enseveli sous le plancher du

lac Erié. L'ancien Carll ou Alleghany croisait le bassin actuel au lac directement jusqu'au débouché à Lowbank, tandis que le Spencer ou Ohio renversé pénétrait dans l'Erié plus à l'ouest. On voit ces rivières dans la carte, planche XI. La profondeur de la vallée Buffalo ensevelie est plus forte que près de Welland. La tranchée dans le calcaire Cornifère occupée maintenant par la rivière Niagara juste plus bas que le débouché actuel du lac Erié était un col bas entre une petite vallée tributaire du chenal du creek Buffalo et un autre avoisinant la vallée qui passe par Welland.

TRAVERSÉE DES DÉPRESSIONS DES LACS.

A l'époque préglaciaire, l'Erié formait une longue auge, comme aujourd'hui avec une autre parallèle dans la formation Salina, mais séparée par l'arête de calcaire Cornifère du côté méridional de la rive actuelle du lac. Le bassin Salina actuel était séparé par une arête saillante protégée par le calcaire Niagara du bassin d'Ontario parallèle qui est creusé dans les roches schisteuses tendres. La zone cornifère a été découpée à Lowbank et à la rivière Niagara. Les hautes terres Niagara ont été incisées par l'auge ou vallée à Dundas, une autre plus petite près du canal Welland à Thorold et le grand chenal et cañon Erigan transversal décrit ici pour la première fois.

Le chenal Erigan croisant et reliant ces bassins parallèles est une répétition du trait de la rivière Delaware découpant les arêtes de montagne et croisant aussi les vallées intermédiaires du système de montagnes des Apalaches.

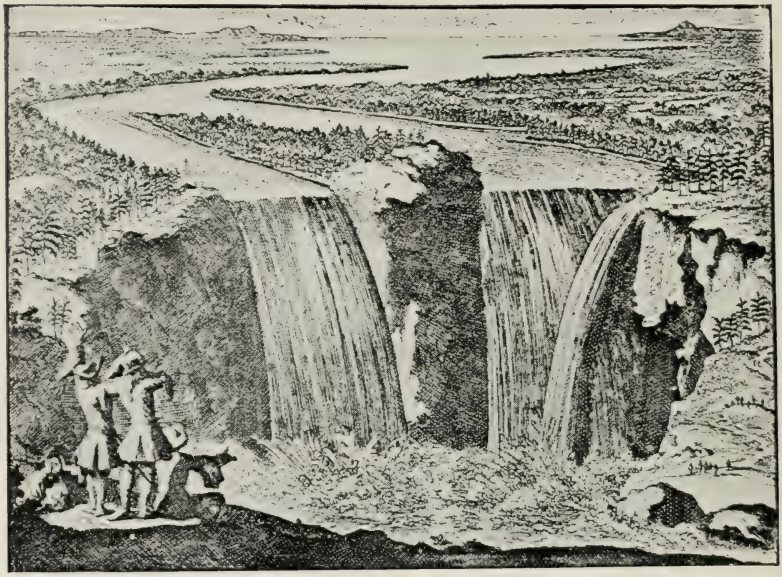
Tous ces traits de la topographie préglaciaire de la région décrite ont été tellement cachés par le transport et le gauchissement terrestre qu'ils n'ont été que lentement mis au jour.

Le marais Wainfleet.—Les grands marais de Wainfleet et autres terres basses de la péninsule du Niagara au sud de l'escarpement sont de la dernière origine—provenant de l'inondation

de la région des lacs en raison du redressement de terrain qui a soulevé la barrière au débouché du lac Erié si bien que les eaux se sont élevées de plus de 100 pieds dans le bassin Erié. Ces eaux ont récemment inondé les marais précités bien que maintenant les terres aient émergé à nouveau en raison de l'abaissement de la barrière à la sortie du lac Erié, où l'on peut voir la terrasse de la ville de Fort-Erié dont la hauteur avec le monticule escarpé en arrière est de cinq à huit pieds au-dessus de la rivière. Cette terrasse est même entaillée dans le calcaire qui est à l'extrémité méridionale de la ville et dans les dépôts de transport.

ANNEXES.

PLANCHE XLIII.



Les chutes Niagara telles qu'elles ont été représentées par le Père Hennepin qui les a vues en 1678.

Imprimé en 1697.

ANNEXE I.

PREMIÈRES DESCRIPTIONS DES CHUTES NIAGARA.

(Pour les premières découvertes et les noms, voir Annexe VIII).

(*A*)

DESCRIPTION DES CHUTES DU NIAGARA PAR HENNEPIN.

(Vues en 1678).[1]

" Description des chutes de la rivière Niagara que l'on voit entre le lac Ontario et le lac Erié:"

" Entre les lacs Ontario et Erié il y a une grande et prodigieuse colonne d'eau qui tombe d'une façon surprenante et étonnante car l'univers n'en présente pas de pareille. Il est vrai que l'Italie et la Suisse se vantent de l'existence de merveilles de ce genre, mais il est bon de dire que ce sont de pauvres modèles en face de celles dont je vais parler.

Au pied de l'horrible précipice nous trouvons la rivière Niagara qui n'a plus qu'un quart de mille de largeur mais qui est extraordinairement profonde en quelques endroits. Elle est si rapide en amont de la descente qu'elle entraîne violemment les bêtes sauvages qui essaient de la traverser pour aller se nourrir de l'autre côté, car elles ne peuvent pas résister à la violence du courant qui les précipite invariablement la tête la première d'une hauteur de près de six cents pieds.

Cette chute merveilleuse se compose de deux grands cours d'eautransversaux et de deux chutes avec une île située au milieu. Les eaux qui tombent de cet horrible précipice écument et bouillonnent de la façon la plus hideuse, faisant un bruit plus terrible que le tonnerre; quand le vent souffle du sud, leurs mugissements désordonnés peuvent s'entendre à plus de dix milles à la ronde.

---

1 Edition de Londres de 1698 (chapitre VII).

La rivière s'étant jetée dans cet incroyable précipice, continue sa course impétueuse en un seul bloc sur deux lieux, jusqu'au Grand Rock déjà signalé avec une rapidité indicible. Mais, passé cela, son impétuosité se ralentit, elle glisse doucement le long de deux autres lieues jusqu'à ce qu'elle arrive au lac Ontario ou Frontenac.

Toutes les embarcations des plus grands bateaux peuvent remonter du fort au pied de la haute Roche déjà citée. Cette roche est à l'ouest et séparée de la terre par la rivière Niagara, à deux lieux en aval de la grande chute; sur ces deux lieues les gens sont obligés de remonter leurs bagages par terre par une très bonne route ; les arbres sont peu nombreux, surtout des pins et des chênes.

De la Grande Chute à cette Roche qui est à l'ouest de la rivière, les deux parois sont si prodigieusement hautes que cela fait trembler de regarder fixément l'eau s'écoulant avec une rapidité qu'on ne peut pas s'imaginer. Si ce n'était que cette grande cataracte qui interrompt la navigation, ils pourraient naviguer sur plus de quatre cent cinquante lieues, traverser le lac Huron et atteindre l'extrémité éloignée du lac Illinois, deux lacs que l'on peut facilement appeler de petites mers d'eau douce.

" Réimprimé d'après une plaque photographique de l'original dans le rapport du Service topographique de l'Etat de New-York 1879 ".)

(*B*)

LÊTTRE DE M. KALM, GENTILHOMME SUÉDOIS ACTUELLEMENT EN VOYAGE EN AMÉRIQUE, à SON AMI à PHILADELPHIE, CONTENANT UN RÉCIT PARTICULIER DE LA GRANDE CHUTE DU NIAGARA (1).

(*C'est le premier aperçu, des Chutes du Niagara écrit en Angleterre.*)

Albany, 2 septembre 1750.

Monsieur:—Après un assez long voyage, fait en peu de temps, je suis revenu en cette ville. Vous devez vous souvenir

1 Ceci n'est pas publié dans les voyages de l'auteur, mais paraît dans l'annexe aux Voyages de John Bartram de Pennsylvanie à Onondaga, Oswego et lac Ontario (J. Whiston et B. White, Fleet St., Londres, 1851).

qu'en vous quittant, je vous ai dit que cet été, si le temps le permettait, j'irais voir les chutes du *Niagara*, une des plus grandes curiosités du monde. Quand je suis revenu de *Quebec*, l'année dernière, vous m'avez fait plusieurs questions au sujet de cette chute et je vous ai dit ce que j'avais appris au *Canada* de plusieurs gentilshommes *français* qui avaient été là, mais ce n'était que de ouï dire; je ne pouvais rien vous certifier parce que je ne les avais pas vues moi-même, et je ne pouvais pas satisfaire ma propre curiosité et à plus forte raison la vôtre. Maintenant, depuis que j'ai été sur les lieux, je puis vous en fournir une description plus exacte et plus satisfaisante.

Après un voyage fatigant, d'abord à cheval, à travers le pays des sauvages des *Six Nations* jusqu'à *Oswego ;* puis de là, en canot sur le lac Ontario, je suis arrivé le 12 août au soir au *Fort Niagara*. Les Français m'ont paru très perplexes à mon arrivée, s'imaginant que j'étais un officier anglais qui, sous prétexte de voir les chutes *Niagara* avait un autre objet en vue, mais aussitôt que je leur eu montré mes passeports, ils ont changé de manières et ils m'ont reçu avec la plus grande politesse. Les chutes *Niagara* sont à six lieues françaises du fort Niagara. Vous remontez d'abord sur l'eau la rivière Niagara durant trois lieues, puis vous remontez trois lieues par portage. Il était trop tard quand j'arrivai au fort et je ne pouvais songer aller aux chutes le même jour, mais je me préparai à y aller le lendemain matin. Le commandant du fort monsieur *Beaujon,* invita tous les officiers et les gentilshommes qui étaient là à souper avec lui. J'avais lu précédemment presque tous les auteurs qui avaient écrit quelque chose au sujet de ces chutes, et l'année dernière, en Canada, j'avais posé tant de questions à ce sujet que je croyais m'en être fait une bonne idée et maintenant, au souper, je demandai à ces messieurs de me dire tout ce qu'ils savaient et jugeaient valoir la peine d'être dit et ils agirent en conséquence. Je remarquai qu'au sujet de beaucoup de choses, ils étaient tous d'accord et quant à quelques-unes, ils différaient d'opinion, ce dont j'ai pris note particulièrement. Quand ils m'eurent dit tout ce qu'ils savaient, j'ai fait quelques questions au sujet de ce que j'avais lu ou entendu ; j'ai demandé si c'était vrai ou faux et j'ai consigné leurs réponses dans chaque cas. Mais, comme je l'avais constaté dans des voyages antérieurs, peu de gens observent avec exactitude les trava

de la nature ou consignent la vérité avec précision. C'est pourquoi je ne suis jamais satisfait avant d'avoir tout vu de mes propres yeux, autant qu'il est en mon pouvoir. En conséquence, le lendemain matin, 13 août, au lever du jour, je me mis en route pour la chute. Le commandant avait donné des ordres à deux officiers du fort de m'accompagner et de tout me montrer et il envoyait par eux à M. Jonquières, qui avait vécu dix ans au portage et qui savait mieux que personne tout ce qui a trait aux chutes, des ordres de me montrer et de me dire tout ce qu'il savait. Un peu avant d'arriver au portage, l'eau de la rivière devint si rapide que quatre hommes dans un léger canot d'écorce avaient beaucoup de mal à remonter. Les canots peuvent remonter jusqu'à une demi-lieue en amont du commencement du portage, mais il faut travailler ferme contre un courant excessivement rapide; plus haut, c'est impossible, tout le cours de l'eau, sur deux lieues et demie jusqu'aux grandes chutes, est une série de petites chutes l'une au-dessous de l'autre, dans laquelle le plus grand canot ou bateau court le risque de chavirer. Nous avons débarqué et nous sommes mis à marcher pour remonter le portage ayant en plus de nous les côtés élevés et escarpés de la rivière deux grandes collines à gravir l'une après l'autre. Là, sur le portage j'ai vu plus de 200 sauvages dont la majorité appartenaient aux *Six Nations* occupés à porter des ballots de fourrures, surtout du daim et de l'ours. Vous seriez surpris de voir l'abondance de choses qu'on apporte en cet endroit. Un sauvage reçoit 20 pences par paquet qu'il porte, la distance est de trois lieues. A dix heures et demie du matin, nous arrivâmes à la grande chute que j'ai trouvée comme suit: la rivière ou plutôt le détroit va là du S.S.E. au N.N.O., et les roches de la grande chute sont transversales, mais pas en ligne droite; elles font presque la figure d'un demi-cercle du fer à cheval.

Au-dessus de la chute, dans le milieu de la rivière, il y a une île gisant aussi S.S.E. et N.N.O. ou parallèle aux côtés de la rivière, sa longueur est d'à peu près sept ou huit arpents français (un arpent est de 180 pieds). L'extrémité inférieure de cette île se trouve précisément au bord perpendiculaire, de la chute. De chaque côté de cette île coule toute l'eau qui vient des lacs du Canada savoir: Lac Supérieur, Lac Michigan, lac Huron, et lac Erié, qui, vous le savez, sont de petites

mers plutôt que des lacs et recueillent de plus beaucoup de grandes rivières qui s'y jettent et dont la plus grande partie descendent cette chute Niagara. Avant que l'eau arrive à cette île, elle ne coule que lentement relativement à sa vitesse en passant l'île où elle devient l'eau la plus rapide du monde, coulant avec une vélocité surprenante en arrivant aux chutes; elle est très blanche et en quelques endroits est rejetée haut en l'air. Les plus grands et les plus forts bateaux seraient là culbutés et renversés. L'eau qui descend du côté ouest de l'île est plus rapide, plus abondante, plus blanche et paraît presque passer plus rapidement qu'une flèche. Quand vous êtes aux chutes et que vous regardez la rivière en haut, vous voyez qu'elle a partout une pente ressemblant au flanc d'une colline. Quand toute cette eau arrive à la chute même, elle se jette perpendiculairement. La surprise devant ce spectacle est incroyable. Je ne puis pas trouver de mots pour expliquer ce saisissement! Vous ne pouvez le voir sans être terrifié; imaginer une telle quantité d'eau tombant d'une hauteur surprenante. Je ne donte pas que vous desiriez savoir la hauteur exacte de cette grande chute. Le Père Hennepin suppose qu'elle est de 600 pieds verticalement, mais on ne l'a pas cru beaucoup en Canada, le nom d'honneur qu'ils lui donnent là est "le grand menteur"; il écrit sur des endroits qu'il n'a jamais vus. Il est vrai qu'il a vu cette chute, mais, comme beaucoup de voyageurs, il a une tendance à tout amplifier et c'est ce qu'il fait au sujet de cette chute du Niagara. Ce faible des voyageurs m'a causé beaucoup de désappointements et j'ai rarement eu le bonheur de trouver les merveilleuses choses que d'autres m'avaient décrites. Pour ma part, je suis amoureux du merveilleux, mais j'aime à voir les choses comme elles sont et à les raconter ainsi. Depuis le temps du Père Hennepin, cette chute, d'après toutes les descriptions qu'il en a données diminue de plus en plus, et ceux qui l'ont mesurée avec des instruments mathématiques trouvent que la tombée verticale de l'eau est exactement de 137 pieds. M. *Morandrier* l'ingénieur du roi en Canada, m'a assuré et confirmé par écrit que 137 pieds était la hauteur exacte et tous les messieurs français qui étaient avec moi à la chute s'accordent avec lui sans la moindre contradiction; il est vrai que ceux qui ont essayé de la mesurer avec un cordeau trouvent quelquefois qu'elle compte 140 ou 150 pieds

et quelquefois plus, mais la raison en est qu'elle ne peut pas être mesurée ainsi avec certitude, l'eau emportant le cordeau. Quand l'eau est arrivée au fond de roche, elle rejaillit à une grande hauteur en l'air; en d'autres endroits, elle est blanche comme du lait ou de la neige et tout est en mouvement comme une chaudière en ébullition. Vous vous souvenez que Hennepin dit qu'on entend très loin le bruit de la chute. Tous les gentilshommes qui étaient avec moi, étaient d'accord que le plus loin où on peut l'entendre est à 15 lieues et encore, très rarement. Quand l'air est bien calme, vous pouvez entendre jusqu'au fort Niagara; mais c'est rarement le cas en d'autres moments, parce que, quand le vent souffle les vagues du lac Ontario font de bruit là contre la rive. Ils m'ont appris que quand ils entendent au fort le bruit de la chute plus fort que d'habitude, c'est l'indice qu'il soufflera certainement du vent de nord-est; cela paraît étonnant car la chute est au sud-ouest du fort et on supposerait que c'est plutôt l'indice d'un vent contraire. Quelquefois, m'a-t-on dit, la chute fait plus de bruit qu'à d'autres moments et cela est regardé comme une marque certaine de l'approche de mauvais temps ou pluie, les *Sauvages* le considérent comme un signe certain. Quand j'étais là la chute ne faisait pas un bruit extraordinaire; auprès même des chutes nous pouvions entendre tout ce que nous disions sans parler plus fort que le ton de la conversation. Je ne sais comment on a trouvé un tel bruit ici, c'était probablement en d'autres occasions. Si vous vous rapprochez de cette vapeur ou de ce brouillard ou si le vent le souffle sur vous, il est si pénétrant qu'en quelques minutes, vous êtes mouillé comme si vous aviez été sous l'eau. J'ai envoyé deux jeunes français me chercher du pied de la chute au fond quelques échantillons de chacune des herbes, des pierres et des coquillages qu'on trouve là; ils revinrent au bout de quelques minutes et je croyais réellement qu'ils étaient tombés à l'eau; il leur fallut se déshabiller complètement presque nus et accrocher leurs vêtements à sécher au soleil. Quand vous êtes du côté est du lac Ontario, à bien des lieues de la chute, vous pouvez, tous les matins clairs et calmes, voir les vapeurs du lac monter dans l'air, vous croiriez que tous les bois du voisinage ont été mis en feu par les *Sauvages* si grande est la fumée que l'on voit. Vous pouvez le voir de la même façon du côté ouest du lac Erié, à bien des lieues de là.

Plusieurs de ces messieurs français m'ont dit que quand les oiseaux arrivent en volant dans ce brouillard ou cette brume de la chute, ils tombent droit et périssent dans l'eau: soit parce que leurs ailes se mouillent ou parce que le bruit de la chute les étourdit et ils ne savent où aller dans la noirceur; mais d'autres étaient d'avis qu'il en meurt très peu ou jamais de cette façon, car tous sont d'avis que parmi le grand nombre d'oiseaux que l'on trouve en bas de la chute, il n'y en a pas d'autre espèce que ceux qui vivent et qui nagent dans l'eau, comme: les cygnes, les oies, les canards, les poules d'eau et autres. Et très souvent on voit de grands vols d'oiseaux courir à leur perte de cette façon; ils nagent dans la rivière au-dessus des chutes et sont attirés de plus en plus par l'eau et comme le gibier d'eau aime beaucoup à se laisser porter par le courant, il jouit là de ce plaisir le plus longtemps possible jusqu'à ce que la force de l'eau soit telle qu'il ne leur est plus possible de s'enlever. Ils sont ainsi attirés dans le précipice et périssent. Si on les observe quand ils sont attirés auprès de la chute, on constate qu'ils essaient de toute leur force à employer leurs ailes et à quitter l'eau, mais ils ne peuvent pas. Dans les mois de septembre et d'octobre on trouve tous les matins de telles quantité de gibier d'eau au pied des chutes sur la rive que la garnison du fort s'en nourrit en majeure partie pendant longtemps; en plus du gibier, ils trouvent aussi diverses espèces de poissons morts, ainsi que des daims, ours et autres animaux qui ont essayé de traverser l'eau au-dessus de la chute; les plus grands animaux sont généralement trouvés brisés en morceaux. Juste au-dessous de la chute, l'eau n'est pas rapide, mais fait des cercles et blanchit comme un pot en ébullition, ce qui n'empêche pas les *sauvages* de s'y risquer pour pêcher dans de petites embarcations, mais un peu plus bas commencent les petites chutes. Quand vous êtes au-dessus des chutes et que vous regardez en bas, la tête commence à tourner; les Français qui ont été là des centaines de fois se risquent rarement à regarder en dessous sans en même temps se tenir solidement à un arbre avec la main. On croyait impossible autrefois à un être vivant de se rendre sur l'île qui est au milieu de la chute, mais un accident survenu, il y a une douzaine d'années environ a fait changer d'idée. L'histoire est celle-ci: Deux sauvages des *Six Nations* partirent du fort Niagara pous aller chasser sur une

île qui est au milieu de la rivière ou détroit, en amont de la chute et où il y avait beaucoup de daims. Ils emportèrent avec eux beaucoup d'eau de vie française du fort et ils y goutèrent beaucoup en remontant le portage. Puis quand ils furent en canot, ils prenaient une goutte de temps en temps et remontèrent ainsi le détroit vers l'île où ils se proposaient de chasser; mais, se sentant pris par le sommeil ils se couchèrent dans le canot jusqu'à ce qu'ils arrivèrent à l'île qui est au milieu de la chute. Là, l'un des hommes fût réveillé par le bruit de la chute et appela les autres en leur disant qu'ils étaient perdus. Cependant ils essayèrent de sauver leur vie. Cette île était la plus proche et avec un peu de travail ils y abordèrent. Ils furent d'abord bien heureux, puis, en considérant bien les choses ils ne se trouvèrent pas beaucoup mieux que s'ils avaient sauté les chutes car ils n'avaient pas d'autre alternative que s'y jeter eux-mêmes ou de se laisser mourrir de faim. Mais la nécessité est la mère de l'invention. A l'extrémité inférieure de l'île, la roche est perpendiculaire et il n'y passe pas d'eau. Cette île a beaucoup de bois, ils se mirent immédiatement au travail et firent une échelle ou des haubans de tilleul (qui est très résistant et très fort) assez longs pour atteindre l'eau en bas; ils attachèrent l'extrémité de cette échelle à un grand arbre qui poussait sur le côté de la roche au-dessus de la chute et laissèrent l'autre extrémité descendre jusqu'à l'eau. Puis ils descendirent par ces escaliers improvisés et quand ils arrivèrent au bas dans le milieu de la chute, ils se reposèrent un peu et comme l'eau, juste en dessous de la chute n'est pas rapide comme cela a déjà été dit, ils s'y jetèrent dans l'intention de nager jusqu'à la rive. J'ai déjà dit qu'une partie de la chute est d'un côté de l'île et l'autre partie de l'autre côté. Il s'ensuit que les eaux des deux cataractes courant l'une contre l'autre reviennent juste contre la roche qui est sous l'île. Par suite, les sauvages avaient à peine commencé à nager que les eaux du remous les rejetait avec violence contre la roche d'où ils venaient. Ils essayèrent plusieurs fois puis finirent par se fatiguer et à force d'être souvent lancés contre les roches, ils étaient tout épuisés avec la peau enlevée en maints endroits. Ils furent obligés de remonter les marches pour revenir à l'île sans savoir quoi faire. Après quelque temps, ils virent des sauvages sur la rive et les appelèrent. Ceux-ci les apreçurent et virent

leur embarras, mais ils leur offrirent de retourner au fort et de dire au commandant où étaient leurs frères. Ils persuadèrent celui-ci d'essayer quelque chose pour sauver les deux pauvres sauvages, ce qui fut fait de la façon suivante: L'eau qui coule du côté est de l'île est peu profonde spécialement un peu en amont de l'île vers la rive orientale. Le commandant fit faire de grandes perches munies de pointes de fer, deux sauvages décidèrent de marcher jusqu'à l'île avec l'aide de ces perches pour sauver les deux pauvres créatures ou périr avec elles. Ils prirent congé de leurs amis comme s'ils allaient à la mort. Chacun avait deux perches à la main pour piquer contre le fond du courant et se tenir solide. Ils avancèrent ainsi et arrivèrent à l'île où après avoir donné des perches aux pauvres sauvages, ils leur donnèrent le moyen de revenir à la terre ferme. Ces deux *sauvages* qui de la façon précitée furent les premiers à se rendre sur l'île sont encore vivants. Ils restèrent neuf jours sur l'île et faillirent mourir de faim.[1]

Maintenant que l'on a trouvé le moyen de se rendre à cette île, les *Sauvages* y vont souvent pour tirer les daims, qui après avoir essayer de traverser la rivière en amont des chutes, sont rejetés sur l'île par le courant, mais si le roi de France m'offrait tout le Canada, je ne risquerais pas de me rendre sur l'île et si vous voyiez la place vous seriez sûrement de mon avis. Sur le côté ouest de l'île, il y a de petites îles ou des roches sans importance. La rive est de la rivière est verticale et celle de l'ouest est en pente. Dans les anciens temps, une partie de la roche, à la chute qui est du côté ouest de l'île surplombait d'une telle façon que l'eau qui en tombe perpendiculairement laissait un vide en dessous, mais depuis quelques années la partie saillante s'est brisée et est tombée, si bien qu'il n'y a plus moyen maintenant de passer entre l'eau qui tombe et la roche car celle-ci en tombant longe constamment la paroi rocheuse.... La largeur de la chute comme celle-ci est en demi-cercle et évaluée à 6 arpents à peu près. Quant à l'île dans le milieu de la chute et de là à chacun des côtés, la largeur est à peu près la même; la largeur de l'île à son extrémité la plus basse est de deux tiers d'arpent ou à peu près.... En-dessous des chutes, dans les trous des roches, il y a beaucoup d'anguilles que les *Souvages*

1 Ces sauvages ont été plus heureux que dix ou douze Utowawas, en essayant d'échapper à la poursuite de leurs ennemis, les Six Nations, furent emportés et précipités en bas de la cataracte par la force du courant et tous périrent. On ne revit même pas trace de leur canot.

et les *Français* attrapent avec leurs mains tout smplement. J'ai envoyé deux petits sauvages qui m'en ont vite apporté une vingtaine. Chaque jour, quand le soleil brille, vous voyez là de 10 heures du matins à 2 heures du soir, en dessous des chutes et en dessous de vous, quand vous vous tenez de côté en dessous des chutes, on peut voir un ou deux magnifiques arcs-en-ciel, l'un sur l'autre.

J'ai eu le bonheur de me trouver à la chute un jour clair et c'est avec délice que j'ai vu cet arc-en-ciel qui avait presque toutes les couleurs de ceux qu'on voit dans l'air. Puis il y a de vapeurs, plus brillant et clair est l'arc-en-ciel. Je l'ai vu du côté est de la chute au fond sous la place où je me tenais, mais en dessous de l'eau. Quand le vent emporte les vapeurs de cet endroit, l'arc-en-ciel disparaît mais reparaît aussitôt qu'il revient des vapeurs. De la chute au débarcadère en amont de la chute où abordent les canots du lac Erié (ou de la chute à l'extrémité supérieure du portage), il y a un demi-cercle. Plus bas les canots n'osent pas arriver, de crainte de subir le sort des deux sauvages et encore peut-être avec moins de succès.

On a trouvé en dessous de la chute des débris de corps humains, peut-être des sauvages ivres qui ont eu le malheur de tomber de la chute. On m'a dit à *Oswego* qu'en octobre ou à peu près on trouve tant de plumes en aval de la chute qu'en une journée, un homme peut en ramasser assez pour remplir plusieurs lits et ils disent que ces plumes proviennent d'oiseaux tués aux chutes. J'ai demandé aux *Français* si c'était vrai, ils m'ont dit qu'ils n'avaient jamais rien vu de ce genre, mais que si c'était des plumes prises sur des oiseaux morts, il pouvait bien y avoir cette quantité. Les *Français* m'ont dit qu'ils avaient souvent culbuté de grands arbres dans l'eau d'en haut pour leur voir sauter la chute. Ils descendent avec une vélocité extraordinaire mais on ne les revoit plus jamais, c'est pourquoi l'on croyait qu'il y avait un creux ou un abîme sans fond juste sous la chute. Je crois aussi qu'il doit y avoir là une grande profondeur, mais je crois qu'ils ont mal regardé et qu'ils auraient pu retrouver les arbres à quelque distance de la chute. La roche de la chute consiste en calcaire gris.

Voilà, monsieur, une description courte mais exacte de cette fameuse cataracte du *Niagara*, vous pouvez vous fier à la vérité de ce que j'écris. Vous m'excuserez si vous ne trouvez

pas dans mon aperçu des histoires merveilleuses. Je préfère qu'à l'avenir on dise de moi que j'ai raconté les choses telles qu'elles sont et que tout ce qu'on trouve concorde avec ma description; j'aime mieux cela que d'être jugé un narrateur infidèle. J'ai vu dans mon voyage d'autres choses qui, je le sais, réjouiraient votre curiosité, mais le temps m'empêche d'en écrire plus long et j'espère bientôt vous voir.

Je suis, etc.

PETER KALM.

(*C*)

DESCRIPTION DES CHUTES DU NIAGARA.

par

ANDREW ELLICOTT en 1789.[1]

Des nombreuses curiosités naturelles que présente ce pays, la cataracte du Niagara est sûrement la plus grande. Pour se faire une idée acceptable de cette chute d'eau surprenante, il faut concevoir la partie du pays où se trouve le lac Erié, élevée de trois cents pieds au-dessus de celle qui contient le lac Ontario. La pente qui sépare le pays bas du pays élevé est généralement très raide et en quelques endroits presque verticale. Elle est formée de strates de pierres horizontales composées de ce que l'on nomme communément du calcaire.

La pente peut être suivie du côté nord du lac Ontario près de la baie de Toronto, en contournant l'extrémité ouest du lac, de là sa direction est généralement est, entre le lac Ontario et le lac Erié. Elle traverse le détroit de Niagara et la rivière Cheneseco après quoi elle se perd dans le pays vers le lac Seneca. C'est à cette pente que le pays doit la cataracte de Niagara et aussi les grandes chutes de Cheneseco.

La cataracte du Niagara était autrefois au bas du côté septentrional de la pente, près de cette place que l'on appelle maintenant le débarcadère; mais depuis de longues années avec la grande quantité d'eau et la hauteur d'où elle tombe la pierre solide est usée et enlevée sur sept milles à peu près vers le lac

1 Dans une lettre de M. Andrew Ellicott au Dr. Bush, de Philadelphie, illustrée d'une vue bien gravée des chutes dessinée par M. Ellicott, Massachusettes Magazine, juillet 1790, p. 387–388. (Note. L'illustration peut difficilement être regardée comme bonne.)

Erié et il s'est formé un abîme dont on ne peut approcher qu'avec horreur. En bas de cet abîme, l'eau se précipite avec une vélocité surprenante après avoir fait le grand plongeon. En remontant le chemin près de l'abîme, l'esprit est certainement engagé aux rêveries les plus pittoresques et les plus romantiques que peut concevoir l'imagination jusqu'à ce qu'enfin les chutes apparaissent à la vue—l'imagination est saisie et l'on admire en silence! La rivière est large d'à peu près cent trente perches aux chutes et le plongeon vertical est de cent cinquante pieds. La chute de cette immense nappe d'eau produit un son que l'on entend fréquemment à vingt milles de distance et un tremblement de la terre qu'on perçoit à quelques perches aux alentours.[1]

Un épais brouillard ou nuage monte constamment des chutes où on peut voir toujours des arcs-en-ciel, quand le soleil brille. Ce brouillard ou brume tombe en hiver sur les arbres du voisinage ou elle se congèle et forme les plus beaux cristaux. Ceci s'applique tout aussi bien aux chutes de Cheneseco. La difficulté évidente d'établir le niveau des rapides dans l'abîme m'empêcha de l'essayer, mais je suppose que l'eau doit descendre de soixante-cinq pieds au moins. La plongée verti cale à la cataracte est de cent cinquante pieds; il faut ajouter à cela cinquante-huit pieds que l'eau descend dans le dernier demi-mille, immédiatement en amont de la chute et nous avons deux cent soixante-treize pieds dont l'eau tombe sur une distance de sept milles et demi à peu près. Si les canards ou les oies sauvages s'abattent par inadvertance dans les rapides en amont de la cataracte, ils ne peuvent plus reprendre leur vol et sont précipités à la mort.

Il y a un aspect de cette chute qui mérite d'attirer l'attention et que je ne me rappelle d'avoir vu signalé par aucun auteur. Juste en dessous de la grande plongée, on peut voir l'eau et l'écume se souffler en figures sphériques comme des meulons de foin; puis, ils éclatent au sommet et projettent une colonne d'écume à une hauteur prodigieuse; puis ils s'abattent et d'autres les remplacent pour éclater de la même façon. Cet aspect

1 Ceux qui ont visité cette surprenante cataracte disent que la descente dans l'abîme est excessivement difficile en raison de la grande hauteur des berges. Mais une fois descendue, une personne peut remonter jusqu'au pied de la chute et s'abriter sous le torrent entre l'eau qui tombe et le précipice, derrière le torrent où il y a assez de place pour contenir beaucoup de monde en parfaite sûreté et où l'on peut converser facilement sans être trop interrompu par le bruit car il est là moindre qu'ailleurs, à une distance considérable. Ceci mérite d'être pris en note par le lecteur d'une tournure d'esprit philosophique.

se remarque le plus communément à un chemin entre l'île qui divise les chutes et le côté ouest du détroit où descend la plus grande colonne d'eau.

Je suis, etc.

ANDREW ELLICOTT.

Niagara, 10 décembre 1789.

L'évaluation de l'âge du Niagara par M. Ellicott n'est pas donnée là; mais, on la trouve dans le "Journal of William Maclay" (Appleton's 1890). Ce mémorandum de M. Maclay exprimant son étonnement date de 1789 (*voir* page 22).

ANNEXE II.

NOTES DU LEVÉ DU RECUL DES CHUTES.

Le levé du professeur Hall qui fut le premier fait pour déterminer ce recul doit rester le point de départ et, en conséquence, sa carte est reproduite dans la planche V.

Comme les arpenteurs subséquents il a laissé certains monuments permanents auxquels j'en ai ajouté d'autres. Quelques-uns seulement méritent d'être conservés et ce qui suit en est une liste.

Stations. T. P. No. 6 1842 (Hall).—Un monument de pierre à tête carrée large de six pouces à peu près, sortant 7 pouces du sol, sur le sentier qui longe la falaise du côté sud de l'île Goat, en face du sommet de la chute canadienne. Un chiffre "6" grossier figure du côté nord.

M. 1890 (Kibbe).—Monument de pierre au bord du promenoir de gravier à la tête du sentier qui conduit au roc Terrapin, du côté nord-ouest de l'île Goat; couvert maintenant par dix pouces de gravier mais accessible à présent par un petit tuyau enterré. J'ai employé une station "S" 493.5 pieds de T. P. 6 (qui est un excellent point). "S" est presque identique à "M."

Loretto 1886 (Woodward).—Un boulon de bronze d'un demi-pouce de diamètre posé dans la couverture mince de fer-blanc de la Coupole du Couvent directement sous le centre de la croix. Cette station qui est à 192.5 pieds au-dessus du repère de la Maison de Table Rock est unedes meilleurs pour les observations. Le sommet du boulon est marqué d'une croix.

G. 1890 (Kibbe).—Boulon de bronze d'un pouce de diamètre près du bord de la falaise à 262.5 pieds du coin sud-ouest de la Maison de Table Rock et à treize pieds de la ligne de crête. Le terrain a été couvert en cet endroit par plusieurs pieds et il y a un mur de pierre en avant. Mais un tuyau de fer forgé de deux pieds à peu près de diamètre l'entoure et s'élève au-dessus des roches près de la station de pompe.

D. 1904–1905 (Spencer).—Ce monument de pierre a six pouces carrés et un boulon de bronze. Il est marqué G. S. D. Il est dans le centre du trottoir à soixante-quatre pieds à peu près au sud de l'angle nord-est des terrains de Loretto. Il était primitivement employé par la Electrical Development Company et est à 123.0 pieds au-dessus du repère de la maison Table Rock.

C. 1904–1905 (Spencer).—Boulon de bronze dans un monument de pierre de six pouces carrés marqué G. S. C., sur le bord de la colline au-dessus de la terrasse du chemin de fer du Michigan (vue des chutes) 930 pieds au nord de la station D, entre lesquels on a pris une ligne de base. C'était aussi une station de l'Electrical Development Company Station. Il est à 123 pieds au-dessus du repère de la Maison de Table Rock.

F. 1890 (Kibbe).—Ecrou de bronze avec croix au sommet sur la plateforme autour de la coupole de Table Rock House. Il est à 22.3 pieds du bord nord-est du corps principal de la plus orientale des deux cheminées méridionales et à 28.2 pieds du bord nord-ouest de la plus occidentale.

La distance de	Loretto	à D	226.5	pieds
"	"	" C	1,143	"
"	"	" G	1,842	"
"	"	" T. P. 6	2,916	"
"	G	" C	1,036	"
"	G	" D	1,620.5	"
"	G	" T. P. 6	1,547	"

La base du mât de pavillon de la Natural Food Co., Niagara-Falls, N.-Y., est un trait visible et peut servir à mesurer les angles des stations le long du front de la haute terre canadienne. De l'écrou du couvert Loretto, l'angle entre le mât et T.P. 6 est de 6° 12′ 20″ et entre le mât et M de 15° 43′ 30″. On a employé d'autres positions temporaires faciles à relier avec les points énumérés.

Pour le levé de la plus grande partie de la crête, les stations sur la colline de 120 jusqu'à près de 200 pieds (Loretto) sur le repère de la Maison de Table Rock, du côté canadien, ont été trouvés beaucoup plus précieux que ceux plus bas sur la côte de l'île Goat. De ces hautes positions, la ligne tranchante de l'eau est dessinée le long de la crête du côté est; tandis qu'en bonne lumière, le bord de la roche se voit distinctement en dessous de la ligne mince de l'eau du côté est. De fait, du côté de l'île Goat, il serait impossible de faire un levé de la crête en raison de la pente basse des surfaces rocheuses et de l'impossibilité de déterminer exactement leurs bords. Mais on peut voir une bonne ligne tangente à la tête du sommet et quelques-uns des traits rocheux plus bas que la surface plus loin du côté canadien.

Il y avait beaucoup de pointes rocheuses que l'on pouvait distinguer de deux stations au moins. De plus, les petits chenaux dans la rivière avaient des traits plus ou moins permanents et pouvaient être employés. Telles furent les fondations du levé de 1904. En plus on s'est servi en 1905 d'agrandissements photographiques et l'on a trouvé que beaucoup des petits rapides avaient des particularités qu'on pouvait remarquer en se servant des photographies. J'avais espéré corriger et ajouter des données en me servant d'angles verticaux après avoir pris les niveaux sur la rivière; mais dans les irrégularités de la surface, on a jugé impossible d'avoir des niveaux suffisamment exacts car l'erreur horizontale se serait élevée jusqu'à de cinq à douze fois celle de la verticale. Comme on peut le voir en comparant les divers levés, quelques lignes de crête montrent des positions plus avancées que les anciennes, ce qui indique une erreur de jugement. Deux levés ne peuvent pas montrer exactement les mêmes résultats dans de mêmes détails en raison de l'équation personnelle. En 1904 toutes les positions de mon levé furent convenues entre M. Goodwin et moi. Notre objet était de

trouver les positions au bord de la roche. En jetant les lignes de théodolite à travers le croissant, celles qui touchaient l'eau à un angle élevé étaient certainement bonnes, mais dans les lignes croissant la direction du courant, spécialement quand l'eau était profonde, la question de jugement entrait en jeu quant au point à prendre, si c'était celui où l'eau se brisait d'abord ou bien celui où elle tombait réellement, ou encore le point intermédiaire. Il n'y a aucun moyen d'éliminer cet élément personnel.

Pour établir les points douteux, on a dit que M. Hall, du Service géologique des Etats-Unis, employait des projecteurs et travaillait la nuit pour éliminer les difficultés provenant du manque de surveillants convenables, comme ont fait les Japonais. A première vue, cette méthode paraît obvier à la difficulté; mais, après essai, avec la question d'élément personnel pour fixer les points, elle reste au même point que je l'ai trouvée—jugement quant à la partie de la courbe à prendre. Ceci ne peut pas être éliminé même par des croisements de lumières. Mais j'ai vécu avec les chutes et j'en connais les menus détails. L'aspect du sommet change guand il est vu de positions différentes. Près de la station C on peut voir directement le long de l'axe du petit chenal qui est formé (*voir* planche 6), mais nulle part il n'y a un grand V, ni un chenal descendant par les roches. C'est seulement une incision superficielle. De T. P. 6 sur l'île Goat, on voit deux ou trois petites crevasses superficielles; de M. sur l'île Goat en raison de la basse position et configuration du plancher de la rivière, si bien que le bord réel de la roche ne se voit pas bien on peut bien supposer qu'il existe une auge de quelque dimension. Cette idée est dissipée en examinant du côté canadien.

Mon levé de 1904 a été le cinquième fait dans le but de déterminer le retrait et la reprise du levé en octobre et en novembre 1905 en fait le dernier. Le levé de M. Hall est venu entre ces deux mais il n'a pas été publié après l'impression de ma seconde édition. La première édition était faite pour accompagner le rapport sommaire de la Commission géologique du Canada, 1905. La photographie, planche VI, montre l'exactitude du sommet de mon levé.

En plus de déterminer la marche du retrait durant les 15 dernières années, mon levé établit le fait qu'il n'y a pas eu de

retrait central. Cela confirme la première opinion d'il y a une vingtaine d'années, que la crête est alternativement de forme aplatie, suivie d'une autre avec un sommet rentrant aigu. La forme de la ligne de crête en 1819 n'a pas été antérieurement étudiée mais elle établit cette opinion.

La chute de la roche durant novembre (1905) citée page 37 est dessinée sur la carte (planche II) d'après l'aspect que montre une photographie. Je m'attendais à une chute de ce genre et à un très grand élargissement du croissant car la rivière sous l'étagère de l'île Goat est minée du côté le plus profond du chenal.

Si l'on se reporte à la planche XIV, on remarquera une zone transversale d'eau relativement calme, partant du sommet diagonalement et traversant le cours des rapides en amont des chutes. C'est le trait le plus important car il y a là le fragment d'une vallée transversale, de date préglaciaire.

ANNEXE III.

PUITS DANS LE TOWNSHIP DE NIAGARA PLUS BAS QUE L'ESCARPEMENT

Lot		Pieds
90	N. O. jusqu'au banc Medina	30
89	S. O. sur la terrasse Bell dans le sable et le gravier, jusqu'à l'eau	75
96	jusqu'à l'eau	90
97	S. de la route (creusée)	60
133	S. sur la terrasse	65(?)
99	O. plus bas que la roche de la terrasse	12
131	E. roche	20
25	E	40
86	O. creusée	35
84	O. creusée	31
129	S. E. salé (roche)	55
127	E. salé (roche)	32
74	S. E. salé (roche)	70
64	S. salé (roche)	84
125	S. E. pas de roche	35
58	E. puits, pas d'indication	105
80	N. O. (Soules) pas de roche	100
81	S. O. creusé	35
83	S. creusé	35
103	O. creusé	36
155	N. roche	14
120	N. roche	30
112	N. O. roche	40
110	N. roche du centre	42
109	N. creusé	40
77	O. roche	40
61	creusé	40
55	pas de roche	35
58	roche	50
64	S. roche au milieu	90
66	E. roche au milieu	60
66	O. pas de roche	60
73	S. O. pas de roche	72
39	M. schiste rouge	13
38	E. schiste rouge	13
72	[illegible] de roche	33
71	N. [illegible] roche	47
35	E. pa[illegible]	45
34	roch[illegible]	44
31	pas de roche	53
	Niagara sur le Lac S. O. roche	25 à 30
19	E. pas de roche	80 (60 pds. au-dessus de la rivière.)
20	E. pas de roche	75
80	S. O. creusé	68

ANNEXE IV.

TABLES MÉTÉOROLOGIQUES

TABLEAU 1.—MONTRANT EN POUCES LA QUANTITÉ MOYENNE DE PLUIE TOMBÉE CHAQUE MOIS DANS LE BASSIN DU LAC SUPÉRIEUR

Années	Jan.	Fév.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne annuelle.
1882	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1883	1.49	0.99	0.68	1.25	2.48	4.32	3.95	1.77	2.23	2.72	2.93	2.12	26.93
1884	0.83	1.75	1.14	2.57	3.22	1.21	2.74	5.22	5.25	4.52	1.42	3.62	33.49
1885	1.32	0.61	1.36	1.48	1.98	3.52	3.04	2.16	2.04	1.63	2.65	1.89	23.68
1886	1.71	1.75	1.27	1.76	1.43	2.71	1.50	2.08	3.66	2.84	2.04	1.05	23.80
1887	0.89	1.24	0.50	1.45	1.98	1.93	5.20	1.02	1.18	2.58	1.49	1.41	20.87
1888	1.88	1.12	1.85	2.01	2.67	3.79	1.85	2.84	2.72	2.03	2.00	0.86	25.62
1889	1.87	1.39	1.56	3.35	2.22	2.10	4.35	3.74	3.61	1.09	1.22	2.47	28.97
1890	2.30	2.34	1.02	1.67	2.36	3.09	4.19	3.02	2.45	2.03	0.69	0.84	26.00
1891	1.03	1.62	1.70	0.87	0.58	1.46	3.17	3.12	2.70	2.63	1.68	2.03	22.59
1892	1.33	1.03	1.11	1.64	2.49	1.82	2.75	3.53	1.79	2.18	2.01	1.39	23.07
1893	1.58	2.00	1.55	2.66	2.13	3.22	2.62	2.74	2.58	3.03	2.03	2.74	28.88
1894	1.70	0.64	2.28	2.08	3.78	1.88	2.02	2.05	2.75	4.51	2.39	1.63	27.71
1895	2.27	1.03	0.67	1.82	2.87	3.21	2.22	2.28	4.68	1.81	1.63	1.88	26.37
1896	1.76	0.96	1.23	3.38	4.60	1.78	1.62	2.62	1.59	3.08	4.23	0.66	27.51
1897	2.58	1.35	1.89	1.60	2.50	3.16	5.68	2.55	2.03	2.51	1.74	1.58	29.17
1898	1.13	1.77	1.55	0.77	3.37	4.28	2.42	2.48	2.43	2.76	1.73	1.40	26.09
1899	1.61	1.05	2.11	2.16	3.78	4.28	2.20	3.28	2.97	2.62	0.59	2.29	28.94
1900	1.29	1.55	1.30	1.67	1.36	2.04	4.32	4.99	6.22	2.46	1.80	1.29	30.29
1901	1.60	0.80	2.16	1.01	1.84	4.55	4.48	2.22	2.69	2.75	1.70	1.36	27.16
1902	1.74	1.09	0.79	1.76	2.62	2.88	3.10	2.18	2.23	2.49	2.84	2.14	25.86
1903	0.82	1.11	2.19	2.45	3.76	1.49	5.49	4.39	5.35	3.03	1.80	1.30	33.18
1904	0.90	1.00	1.90	1.30	3.40	3.40	3.40	3.60	4.50	3.60	0.60	2.00	29.60
1905	1.50	0.60	1.10	1.40	3.00	6.30	4.10	3.40	4.50	2.90	2.40	1.20	32.40

Dans le tableau donné par le Bureau météorologique, les années vont de novembre à octobre. Dans le présent tableau on prend les années civiles. Les moyennes diffèrent légèrement.

Pour les années 1882-1898 adoptées du rapport météorologique dans le rapport du chef des Ingénieurs du Service des lacs du Nord et du Nord-Ouest 1903, pp. 2878-2879 pour les années suivantes, les données proviennent du Bureau météorologique.

TABLEAU II.—MONTRANT EN POUCES LA QUANTITÉ MOYENNE DE PLUIE TOMBÉE CHAQUE MOIS DANS LE BASSIN DES LACS HURON ET MICHIGAN

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
1882	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.....
1883	2.31	3.28	1.10	1.65	5.33	5.86	6.11	1.64	3.66	3.19	3.63	1.87	38.63
1884	2.67	3.13	2.28	2.02	2.57	2.73	3.10	2.47	3.50	4.44	2.16	4.54	35.61
1885	3.03	1.74	1.30	2.25	2.58	3.61	2.87	4.69	3.04	3.09	3.06	3.24	34.50
1886	4.00	2.20	3.21	2.23	1.86	2.67	1.43	3.94	4.62	2.67	2.66	2.07	33.56
1887	3.26	3.86	1.10	1.51	1.63	2.11	3.10	1.73	2.52	3.22	1.78	3.78	29.60
1888	2.20	1.81	2.84	2.20	3.11	1.63	1.77	2.59	3.11	2.43	2.64	2.00	29.33
1889	2.42	2.05	0.65	1.58	3.59	4.46	2.73	1.52	3.18	1.22	2.84	3.23	29.47
1890	3.71	2.30	2.00	2.73	3.62	3.94	3.07	3.17	1.97	3.68	2.01	1.58	33.78
1891	2.44	2.92	2.83	2.04	0.80	1.97	2.34	3.91	1.80	1.74	5.10	2.49	30.38
1892	2.77	1.95	1.15	1.89	4.17	5.01	3.05	3.16	2.81	2.13	2.64	2.39	33.12
1893	2.78	2.22	2.16	3.88	2.83	2.44	3.32	2.01	2.84	3.65	3.11	4.24	35.48
1894	2.57	1.52	2.60	1.82	4.82	2.70	1.45	1.16	3.72	3.26	2.56	2.52	30.70
1895	3.79	1.64	1.19	1.45	2.90	1.49	1.21	2.96	3.06	1.40	2.97	3.84	27.90
1896	1.90	1.53	1.57	2.84	3.06	2.34	2.26	3.49	4.45	1.71	3.72	1.33	30.20
1897	3.70	1.33	2.98	3.18	3.06	2.60	3.47	2.11	1.34	2.36	2.60	2.38	31.11
1898(1)	2.79	2.26	3.12	1.79	2.58	3.77	1.59	3.38	2.46	2.34	2.29	1.58	29.95
1899	1.50	1.34	2.68	1.53	3.70	3.20	3.79	1.37	2.87	2.58	1.14	2.35	28.05
1900	1.36	2.85	1.67	1.92	2.31	2.51	5.61	3.78	3.38	3.29	3.36	0.75	32.79
1901	1.78	1.54	3.16	0.95	2.25	2.83	4.10	2.07	2.56	3.29	1.34	2.21	28.08
1902	0.71	1.46	2.57	1.72	4.72	5.06	5.23	1.27	3.50	1.99	2.52	2.33	33.08
1903	1.46	1.89	2.21	3.25	2.86	2.28	4.25	4.79	3.65	1.94	1.50	1.90	31.98
1904	1.50	1.80	3.30	2.10	2.10	3.10	3.10	2.90	3.90	2.90	0.30	1.80	28.80
1905(2)	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	35.30

TABLEAU III.—MONTRANT EN POUCES LA QUANTITÉ MOYENNE DE PLUIE TOMBÉE CHAQUE MOIS DANS LE BASSIN DES LACS ST. CLAIR ET ÉRIÉ. (3)

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
1882	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.....
1883	1.66	3.94	1.45	2.03	6.03	4.96	5.13	2.02	2.57	3.21	3.01	2.31	38.32
1884	2.15	3.93	2.61	1.51	2.72	2.59	3.61	1.79	2.37	2.46	1.96	2.81	30.51
1885	2.70	1.38	0.96	2.64	3.91	4.78	2.89	5.34	2.56	3.79	3.21	2.50	36.66
1886	3.39	1.92	2.52	2.61	2.84	2.47	1.91	2.97	4.45	1.49	3.77	3.12	33.46
1887	1.97	6.11	1.94	1.73	2.49	3.03	1.43	2.33	2.71	2.25	3.12	2.85	31.96
1888	2.54	1.76	2.88	2.25	2.85	2.36	2.90	2.55	2.22	2.87	3.48	1.85	30.51
1889	2.99	1.66	1.60	2.15	4.51	3.43	2.71	1.15	2.77	1.44	3.41	3.42	31.24
1890	4.11	3.10	2.89	3.31	5.33	3.88	1.38	3.44	3.49	4.89	2.98	1.43	40.23
1891	2.14	4.20	3.13	2.02	1.61	2.92	2.76	3.21	1.96	2.07	5.55	2.20	33.77
1892	2.26	2.76	2.42	2.55	7.87	5.98	3.43	2.88	3.48	1.10	3.08	1.63	39.44
1893	2.79	4.58	2.13	4.75	4.11	2.89	2.42	2.07	1.50	3.80	3.16	3.23	37.43
1894	1.92	2.75	1.81	2.08	5.52	2.62	1.63	0.67	4.01	3.21	1.88	2.28	30.38
1895	3.15	0.71	1.43	1.66	2.29	1.50	2.09	2.74	2.32	1.27	4.62	4.63	28.41
1896	1.73	2.60	2.60	2.98	2.57	3.79	5.58	3.54	4.50	1.33	2.51	1.65	35.38
1897	2.51	1.66	3.62	2.59	3.83	2.77	4.04	2.82	0.78	1.21	5.28	2.09	33.20
1898	3.75	2.47	4.11	1.87	3.21	2.91	2.99	2.91	3.31	2.40	3.37	2.72	36.02

1 Michigan seulement.

2 La quantité pour chaque mois n'est pas donnée dans le relevé des deux lacs.

3 Pour les années 1882-1898 d'après les rapports météorologiques du Rapport du Chef des Ingénieurs du Service des Lacs du Nord et du Nord-Ouest 1903 pp. 2878-79; pour les années subséquentes, données prises directement au Bureau météorologique.

TABLEAU III. (*Suite*).—DU LAC ÉRIÉ SEUL.

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
1899	2.64	1.98	4.19	1.17	4.17	2.03	3.76	1.28	3.10	2.62	1.67	3.39	32.00
1900	2.10	2.04	2.39	2.11	2.31	3.06	5.31	3.18	1.89	2.23	3.91	1.00	31.53
1901	1.92	1.67	2.74	2.68	4.08	3.20	3.11	3.47	2.54	1.49	2.07	3.81	32.78
1902	1.29	0.96	2.79	2.00	3.79	7.31	5.98	1.47	5.47	2.55	2.03	3.11	38.75
1903	1.94	3.79	2.42	4.58	2.24	3.95	5.06	5.23	2.13	2.71	1.90	2.20	38.15
1904	4.50	3.00	4.90	3.00	2.10	4.20	4.20	3.30	2.60	1.80	0.40	2.20	36.20
1905	1.90	1.60	1.80	2.80	4.70	4.50	4.00	3.40	2.90	2.90	2.80	2.00	35.30

TABLEAU IV.—MONTRANT EN POUCES LA QUANTITÉ MOYENNE DE PLUIE TOMBÉE CHAQUE MOIS DANS LE BASSIN DU LAC ONTARIO.

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
1882	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.....
1883	2.00	2.94	1.84	2.01	5.60	4.90	4.59	2.37	2.64	2.30	2.18	1.83	35.20
1884	3.67	3.06	3.11	1.13	3.64	3.46	3.45	2.59	2.22	2.43	2.28	3.08	34.12
1885	2.82	1.79	0.89	2.34	2.74	4.06	3.18	5.52	3.12	4.09	2.39	2.86	35.80
1886	3.79	2.02	3.05	3.20	2.31	2.33	3.35	2.77	3.77	1.93	4.74	1.97	35.23
1887	2.75	4.20	1.83	1.82	1.64	2.77	3.78	2.77	1.74	2.30	2.00	2.73	30.33
1888	2.47	1.84	2.75	2.85	2.35	3.39	1.88	4.13	3.40	4.29	3.59	2.70	35.64
1889	3.91	2.21	1.62	3.16	3.39	6.79	5.17	2.02	3.10	3.47	5.20	3.41	43.45
1890	3.98	3.29	3.09	2.80	6.26	4.24	2.76	4.81	6.68	4.90	2.93	2.98	48.72
1891	3.06	3.65	3.25	1.85	1.19	2.78	3.32	4.24	1.62	2.96	2.86	4.03	35.81
1892	3.72	2.28	2.93	1.09	5.61	5.52	4.28	5.70	2.16	1.89	3.65	1.46	40.29
1893	2.03	3.56	2.13	3.53	5.81	2.50	3.33	5.65	3.24	2.31	2.05	3.62	39.76
1894	2.94	2.61	1.65	3.55	6.77	3.23	2.62	1.43	4.97	4.22	2.07	2.45	38.51
1895	2.84	1.77	1.47	1.86	2.58	2.57	2.60	3.89	2.29	1.41	3.54	3.94	30.76
1896	2.16	4.47	3.96	1.07	2.59	2.89	4.86	2.50	4.36	2.66	2.68	1.41	35.61
1897	2.27	1.53	3.07	2.45	3.35	2.96	5.13	2.35	2.03	0.80	4.26	3.04	33.24
1898	3.71	2.02	2.19	2.51	3.58	3.00	2.30	5.57	3.20	4.92	2.90	2.84	38.74
1899	2.31	1.70	3.81	1.64	3.41	1.85	2.82	1.39	3.57	2.86	1.86	3.98	31.20
1900	3.13	3.97	3.84	1.41	1.71	2.27	4.40	2.10	2.38	3.08	5.54	2.21	36.04
1901	2.51	1.94	3.05	4.16	4.06	3.31	3.83	3.56	2.92	1.73	3.04	4.36	38.47
1902	2.49	2.50	2.93	2.59	2.69	4.78	6.52	2.63	2.71	3.28	1.71	3.47	38.30
1903	3.05	2.65	3.88	2.68	0.46	5.75	4.33	4.82	1.50	4.88	2.00	3.10	39.10
1904	3.40	2.90	3.50	3.20	3.30	4.40	4.40	3.40	3.90	2.40	0.70	2.60	38.10
1905	3.00	1.90	2.00	2.00	2.90	5.30	3.80	4.30	2.40	3.80	2.20	2.90	36.50

TABLEAU V.—MONTRANT PAR POURCENTAGE LA MOYENNE MENSUELLE D'HUMIDITÉ DANS LE BASSIN DES LACS ST. CLAIR ET ERIÉ.(1)

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
1882	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	72.4	78.5	
1883	78.2	77.3	70	65.6	68	70.6	70.5	67.3	71.9	72.8	68.5	73.5	
1884	77.8	80.7	75.2	68.7	67.3	70.1	68.2	68.9	71	71.9	76	78.1	
1885	76.1	76.5	75.2	72.8	73.2	72.5	74.6	79.8	73.3	78.5	80	79.3	
1886	81.8	77.8	78.6	74.3	72.3	72.3	69.6	72.8	70.6	72.8	74	79.8	
1887	78.1	82	76.5	68.8	68	72.6	68.1	66.3	72.3	69.8	71.5	77.7	
1888	81	77.5	75.1	64.7	67.6	68.8	68.6	70.6	74.6	74.5	75.3	75.8	
1889	80	80.5	74.3	70.3	65.5	76	71.8	67.1	74	70.8	80.5	77.1	
1890	79.8	79.8	75.6	68.1	73.3	72.5	65.8	70.8	77.5	80.6	74.3	76.8	
1891	82.5	77.1	77.6	72.6	65.6	71.6	67.6	70.1	71.6	69.5	73.6	72.5	
1892	79.1	82.3	77	68.5	77.6	77.7	68.8	72.3	74.8	71.7	78.8	80.3	
1893	82.7	82.3	76	74.8	71.8	71.5	66	66	69.6	73.3	72.6	79.8	
1894	76.8	78	70.8	70	73.1	67.8	61.3	65	72.3	74.5	74.1	77.5	
1895	83	80.3	74.7	69.3	66.1	65.8	62.7	67.1	68.3	65.1	76.3	81.1	
1896	82.7	81	78.1	75.1	68.5	70.6	73.5	73.3	76.6	72.1	76	80.1	
1897	82.5	80.6	77.5	73.6	71.8	67.8	71.1	71.1	65.5	69.1	77.8	79.8	
1898	79.5	79.8	75.5	65.5	71.8	70.5	67.8	75.3	72.5	75.3	....	....	
Moyenne	80.1	79.6	75.4	70.1	70.1	71.1	68.5	70.2	72.3	72.6	75.1	77.9	73.60
Supérieur	81.9	80.8	77.8	73.7	68.9	73.1	73.2	75.0	75.0	76.5	80.0	81.7	76.40
Huron et Michigan	81.8	81.2	77.5	72.8	71.5	74	72.1	74.3	75.8	76.5	78.8	81.2	76.46
Ontario	80.9	80.2	76.5	70	71.2	72.8	72	72.4	73.7	75.6	75.7	78.9	74.99

TABLEAU VI.—MONTRANT EN DEGRÉS F. LA TEMPÉRATURE MENSUELLE MOYENNE DANS LE BASSIN DES LACS ST. CLAIR ET ERIÉ.

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
1882	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	40.4	28.8	
1883	21.8	26.4	28.5	43.9	53.1	66.6	70.3	67.2	59	50.7	43.2	32.6	
1884	19.5	29	33.1	43.1	57	68.5	68.5	67.3	54.9	39	30.3	30.3	
1885	21.5	16.4	24.6	43.5	55.5	64.5	72.3	65.6	61.5	49.6	40.7	30.8	
1886	22.2	24.9	33.2	47.8	56.8	65	69.5	68.7	63.7	53.1	37.6	23.7	
1887	22.8	28.4	29.8	43.6	61.6	67.8	75.8	68.5	69.2	48.9	38.6	30.1	
1888	19.5	25.2	28.2	42.7	54.3	67	69.5	68.1	59.9	45.8	40.8	31.5	
1889	30.8	20.3	35.8	45.4	57.4	63.9	71.6	67.5	62.5	46.5	40.6	39.9	
1890	35	34	30.6	45.8	54.2	69.9	71.1	66.7	60.5	51.6	46.7	28.1	
1891	29.4	32	31.3	47.2	53.9	67.4	66.8	69	67.1	51	38.3	37.1	
1892	22.1	29.7	30	44.3	54.7	69.1	71	70.5	63.2	51.6	36.9	27.2	
1893	16.2	23.6	33.1	44.3	54.3	68.8	72	69.1	62.1	52.9	38.9	29	
1894	31.2	24.5	40.8	46.5	56.5	68.9	72.9	68.7	66.2	53.1	36.3	33.3	
1895	21.3	18.2	29.1	46.9	58.7	69.9	69.1	70.5	66.5	45.6	39.6	31.6	
1896	25.9	26.2	28.4	51.1	63.8	66.9	71.2	69.9	60.3	47.8	42.6	30.8	
1897	23.5	28.2	35.8	45.3	54.4	63.8	73.9	67.2	65.1	55.8	40.2	30	
1898	29.7	27.7	42	44.3	57.9	68.6	72.1	71.6	66.8	53.1	....	....	
Moyenne	24.5	25.9	32.1	45.3	56.5	67.3	71.1	68.6	63.2	50.7	40	30.9	48.0

1 Même auteur cité que pour les tables précédentes.

TABLEAU MONTRANT EN DEGRÉS F. LA TEMPÉRATURE MENSUELLE MOYENNE DANS LE BASSIN DU LAC SUPÉRIEUR.
De 1882 à 1898 inclusivement.

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
Moyenne	6.2	8.3	18.4	35.7	46.6	57.2	62.3	60.1	53.9	41.1	25.8	15.7	35.98

HURON ET MICHIGAN

Moyenne	16.8	18.1	25.6	40.2	50.4	61.6	66.	63.8	58.3	45.8	33.9	24.5	42.08

LAC ONTARIO

Moyenne	20.5	21.3	27.4	41.6	53.6	63.8	67.4	65.2	58.9	46.6	36.4	26.5	44.01

TABLEAU VII.—MONTRANT EN MILLES PAR HEURE LA VÉLOCITÉ MOYENNE MENSUELLE DU VENT DANS LE BASSIN DES LACS ST. CLAIR ET ERIÉ. (1)

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenn Annuelle
1882	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	10	11.5	
1883	11.6	11.7	11.5	10	10.3	7.6	7.5	8.1	8.7	9.7	13.2	11.3	
1884	11.4	10.2	9.8	9.8	8.8	7.4	8.1	7.9	9	10.4	11.6	12.6	
1885	13.2	10.2	11.2	10.9	9.1	8.9	8.3	8.5	9	9.4	11.4	12.9	
1886	11.2	12.8	10.8	10.3	8.3	7.7	7	7.7	9	9.1	12.7	10.4	
1887	14.2	13	10.9	11.2	7.3	7.1	8	7	8.2	10.7	12.1	10.6	
1888	10.7	10.4	12	9.8	9.3	8.6	7.5	8.5	8.6	10.7	11	12.3	
1889	12	12.1	9.6	9.6	9.7	8.9	7.3	7.7	9.3	9.8	10.2	12	
1890	12.8	11.6	11.7	10.2	8.6	6.8	8.2	7.8	8	8.8	10.8	11.8	
1891	9.1	12.4	11.6	9.9	8.5	7.5	8.7	7.7	7.9	10.4	12.6	13.1	
1892	11.8	10.3	10.4	12.2	10.7	9.2	7.9	8.7	10	11	12.2	11.1	
1893	11.7	13.4	12.7	14.2	10.6	9.3	9.2	8.4	11	11.3	13.1	14.1	
1894	12.1	13.2	12	9.8	10.2	8.5	9	7.8	9.8	10.3	14.1	13.2	
1895	13.2	13.1	12.5	10.2	9.7	8.1	8.5	8.1	10	12.8	11	12.6	
1896	10.3	13.8	13.4	11.9	11.3	8.7	9.6	9.2	10.3	10.5	14.5	11.9	
1897	13.9	12.1	13.8	12.6	10.2	9.1	8.9	9.2	8.8	10.8	14	12.7	
1898	13.4	12.5	11.5	11.5	9.4	9.2	8.7	8.7	10.4	12	....	....	
	12	12	11.6	10.9	9.5	8.3	8.3	8.2	9.2	10.5	12.1	12.1	10.4
Supérieur	9	9.4	9.8	10	9.3	8.2	7.5	7.8	9.3	9.5	9.5	9.4	9.05
Huron et Michigan	11.2	11.5	11.4	11.5	10.4	8.5	8.3	8.3	9.4	10.4	11.4	11.3	10.3
Ontario	13.2	13.2	12.3	10.5	9.4	8.2	8.3	8.1	9.0	10.6	12.5	12.9	10.7

1 Même auteur cité que pour les tables précédentes.

ANNEXE V.

TABLEAU I.—FLUCTUATIONS DU LAC ERIÉ À PORT-COLBORNE. [1]

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
1850	....	1.91	2.11	2.21	2.27	2.05	2.16	1.98	1.82	1.77	1.45	1.26	1.90M
1851	2.12	1.61	2.30	2.28	2.74	3.17	2.42	2.86	2.66	2.71	2.62	2.79	2.59M
1852	2.07	1.75	1.86	2.78	3.62	2.82	2.57	3.25	3.15	2.82	2.98	3.21	2.90M
1853	3.31	3.32	3.13	3.05	3.90	4.13	3.73	3.44	3.26	3.00	2.47	2.67	3.27M
1854	2.94	2.01	2.37	2.52	3.30	3.14	3.27	2.64	2.31	2.16	2.47	1.89	2.59M
1855	1.84	1.55	1.64	1.89	2.42	2.70	3.20	3.39	2.84	3.07	3.14	3.36	2.58M
1856	2.74	2.31	1.98	2.40	2.57	2.78	2.81	2.70	2.48	1.79	1.70	1.98	2.35M
1857	1.24	1.24	2.82	3.38	2.97	3.38	3.42	3.42	3.15	2.68	3.19	3.22	2.84M
1858	3.35	2.92	2.98	3.04	3.32	4.63	4.63	4.53	3.98	3.87	3.46	3.56	3.69M
1859	3.56	3.33	3.74	4.30	4.19	4.15	4.25	3.92	3.38	3.52	3.34	3.16	3.73M
1860	3.04	2.70	3.20	3.39	3.59	4.10	3.74	3.55	3.26	2.93	3.29	2.87	3.30M
1861	2.43	2.06	2.62	3.27	3.96	3.49	3.89	3.71	3.65	3.69	3.70	3.62	3.34M
1862	3.29	3.06	2.85	3.47	4.11	4.05	4.19	3.87	3.60	3.45	2.92	3.03	3.49M
1863	3.50	3.36	3.57	3.41	3.51	3.45	3.33	3.50	3.12	3.07	2.66	2.94	3.28M
1864	2.74	2.28	2.22	2.75	3.44	3.45	3.17	3.05	2.86	2.74	2.83	2.70	2.85M
1865	2.02	1.22	1.47	2.29	2.52	2.73	2.56	2.32	2.43	2.44	2.22	2.05	2.19M
1866	2.13	1.34	1.62	2.30	2.61	2.85	3.01	2.82	2.39	3.07	2.71	3.17	2.50M
1867	....	....	....	....	....	....	3.06	2.77	2.28	2.04	1.74	1.42	2.22M
1868	1.39	1.11	1.09	2.28	2.39	2.96	2.88	2.62	2.27	1.63	1.68	1.87	2.01M
1869	1.34	1.41	1.21	1.93	2.26	2.84	3.23	2.99	2.70	2.63	2.31	2.46	2.27M
1870	2.98	2.67	2.27	....	3.19	3.27	3.46	3.27	2.73	2.82	2.68	2.69	2.91M
1871	2.09	1.70	2.26	2.81	2.79	3.06	3.01	2.75	2.46	2.06	1.66	2.00	2.38M
1872	1.26	0.77	0.73	1.01	1.55	1.85	1.96	1.78	1.80	1.29	1.84	1.22	1.42M
1873	1.20	0.87	0.82	1.97	2.55	2.65	2.83	2.50	2.37	2.10	2.20	2.36	2.03M
1874	2.81	2.59	2.87	2.68	2.61	2.04	2.84	2.59	2.27	2.15	1.94	1.59	2.49M
1875	1.52	1.11	1.38	1.85	2.11	2.37	2.45	2.39	2.38	2.35	1.94	2.02	1.99M
1876	2.46	2.89	3.28	3.79	2.96	4.00	4.02	3.66	3.26	3.15	2.95	3.04	3.37M
1877	2.16	1.97	1.93	2.02	2.34	2.55	2.76	2.63	2.43	2.22	2.28	2.36	2.30M
1878	2.06	2.25	2.52	2.90	3.18	3.08	3.02	2.90	2.83	2.47	2.30	3.19	2.72M
1879	2.33	1.97	2.04	2.37	2.21	2.38	2.32	2.14	1.91	1.55	1.60	1.55	2.03M
1880	1.75	2.24	1.90	2.31	2.50	2.70	2.74	2.30	2.34	2.13	2.00	1.90	2.23M
1881	0.50	1.33	1.68	2.16	2.27	2.51	2.69	2.27	1.95	1.96	2.32	2.27	1.99M
1882	2.64	2.50	2.92	3.03	3.14	3.63	3.50	3.29	2.83	2.53	2.26	2.33	2.88M
1883	2.05	2.18	2.15	2.17	3.51	4.30	3.69	3.36	2.87	2.69	3.00	2.80	2.89M
1884	2.49	2.42	2.74	3.16	3.58	2.24	3.41	3.33	2.83	2.66	2.42	2.33	2.90M
1885	2.16	1.50	1.75	2.16	2.91	3.50	3.58	3.50	3.33	3.33	3.33	3.50	2.87M
1886	3.16	2.41	2.08	2.75	3.33	3.50	3.41	3.08	3.25	2.66	2.83	2.50	2.91M
1887	2.41	2.83	3.25	3.25	3.41	3.58	3.41	3.00	2.66	2.58	2.25	2.66	2.94M
1888	1.75	1.50	1.58	2.33	2.33	2.50	2.83	2.75	2.33	2.08	1.91	2.08	2.16M
1889	2.00	1.66	1.41	1.83	2.08	2.50	2.66	2.41	2.08	1.58	1.50	1.66	1.94M
1890	2.08	2.00	2.41	2.75	3.16	3.50	3.25	2.75	2.25	2.25	2.41	2.08	2.58M
1891	1.83	1.91	2.00	2.16	2.00	1.91	2.08	1.66	1.41	1.00	1.00	1.16	1.66M
1892	1.08	0.41	0.66	1.08	1.83	2.58	2.83	2.50	2.08	1.83	1.50	1.33	1.66M
1893	0.66	0.66	1.00	1.58	2.50	2.66	2.50	2.00	1.66	1.58	1.33	1.41	1.63M
1894	1.41	1.25	1.33	1.50	1.91	2.41	2.25	1.66	1.50	1.25	1.50	1.08	1.58M
1895	1.16	0.41	0.33	0.58	0.91	1.00	1.00	0.91	0.91	0.66	0.25	0.41	0.71M
1896	0.50	0.41	0.16	0.75	1.08	1.16	1.33	1.50	1.08	0.83	0.75	0.66	0.86M
1897	0.91	0.58	1.16	1.58	2.00	2.00	2.00	2.00	1.50	1.00	1.25	1.33	1.44M
1898	1.16	1.33	1.50	2.08	2.08	2.16	2.00	1.91	1.66	1.41	1.25	1.41	1.66M
1899	1.25	1.00	1.33	1.58	1.75	2.00	1.91	1.50	1.41	0.91	1.00	1.33	1.41M
1900	1.08	1.16	1.25	1.41	1.75	1.58	1.91	1.83	1.50	1.08	1.16	1.16	1.41M
1901	0.91	0.75	0.16	0.50	0.66	1.25	1.33	1.08	1.16	0.91	0.58	0.75	0.83M
1902	0.58	0.08	0.33	1.25	1.25	1.58	2.33	2.33	2.00	2.00	1.41	1.33	1.48M
1903	1.25	1.16	1.58	2.25	2.16	2.33	2.41	2.08	2.00	1.58	1.50	1.33	1.80M
1904	0.58	0.66	1.33	2.66	2.75	2.91	2.91	2.66	2.33	....	1.75	1.50	1.99M
1905	2.00	0.58	0.41	0.91	2.00	2.91	2.58	2.41	2.25	1.41	1.58	1.50	1.56M
1906	1.66	1.33	1.08	1.50	1.75	1.92	2.00	1.92	1.60	1.92	1.88	1.97	1.69M

1 Compilé àprès les statistiques des Canaux.

Hauteur de la nouvelle écluse à Port-Colborne 556.55; de l'ancienne écluse 2.92; depuis: correction 6.75 de pied par nivellement exact à Greenbush, le tout étant égal à 560.22 pieds et dix pieds omis des lectures mensuelles pour condensation, ce qui fait 570.22 pieds à ajouter aux mesurages moyens pour donner la hauteur au-dessus de la marée moyenne à New-York.

TABLEAU II.—FLUCTUATIONS DU LAC ERIÉ À CLEVELAND. HAUTEURS MOYENNES MENSUELLES DE LA SURFACE DE L'EAU AU-DESSUS DE LA MARÉE MOYENNE À NEW-YORK.(1)

(Ajouter 570 pieds aux hauteurs suivantes)

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
1855	2.	392.	082.	142.	432.	952.	233.	733.	953.	303.	543.	613.	893.10
1856	3.	252.	852.	523.	012.	973.	353.	383.	232.	982.	322.	202.	492.88
1857	1.	741.	77.	....	3.	503.	883.	973.	933.	683.	223.	763.	763.32
1858	3.	853.	453.	483.	593.	855.	215.	165.	074.	514.	413.	994.	094.22
1859	4.	083.	864.	274.	844.	724.	694.	754.	453.	854.	063.	883.	684.26
1860	3.	262.	903.	304.	004.	214.	183.	923.	763.	423.	123.	032.	873.49
1861	2.	612.	332.	773.	814.	244.	314.	064.	103.	923.	693.	673.	443.58
1862	3.	433.	143.	284.	184.	424.	424.	394.	013.	703.	322.	983.	013.69
1863	3.	463.	753.	693.	813.	993.	853.	733.	653.	262.	822.	412.	383.40
1864	2.	092.	242.	452.	953.	653.	603.	343.	072.	852.	542.	372.	442.79
1865	2.	011.	431.	752.	473.	053.	032.	992.	912.	872.	572.	192.	052.44
1866	1.	781.	622.	012.	592.	813.	073.	182.	932.	872.	862.	622.	632.58
1867	2.	342.	022.	422.	743.	263.	573.	383.	073.	682.	341.	841.	622.60
1868	1.	421.	041.	632.	462.	913.	303.	272.	752.	482.	031.	871.	662.23
1869	1.	651.	582.	062.	362.	913.	303.	583.	483.	212.	763.	302.	652.65
1870	2.	893.	122.	893.	543.	753.	723.	763.	713.	463.	082.	782.	663.28
1871	2.	452.	122.	573.	053.	323.	353.	333.	122.	952.	282.	101.	662.69
1872	1.	581.	341.	251.	451.	892.	262.	252.	221.	991.	821.	491.	261.73
1873	1.	161.	171.	242.	523.	193.	273.	253.	192.	792.	492.	292.	662.43
1874	3.	053.	103.	133.	303.	393.	463.	493.	332.	872.	432.	011.	802.94
1875	1.	571.	401.	541.	942.	412.	842.	972.	962.	822.	332.	182.	402.28
1876	2.	362.	923.	574.	094.	414.	524.	414.	113.	943.	413.	493.	153.69
1877	2.	752.	592.	362.	793.	043.	123.	363.	223.	142.	742.	662.	742.87
1878	2.	822.	963.	093.	513.	753.	753.	753.	533.	403.	052.	852.	933.28
1879	2.	512.	372.	402.	762.	913.	003.	032.	812.	482.	251.	782.	042.52
1880	2.	542.	582.	722.	883.	153.	263.	353.	112.	882.	442.	362.	022.77
1881	1.	611.	722.	042.	743.	143.	383.	333.	012.	662.	612.	432.	642.61
1882	3.	113.	113.	563.	783.	984.	134.	063.	923.	653.	202.	882.	373.48
1883	2.	282.	492.	682.	803.	263.	964.	164.	103.	793.	473.	093.	123.26
1884	2.	793.	053.	243.	794.	064.	143.	923.	763.	333.	002.	522.	453.33
1885	2.	272.	061.	922.	743.	473.	983.	943.	953.	803.	703.	583.	533.24
1886	3.	552.	822.	633.	513.	813.	913.	893.	693.	443.	212.	922.	833.35
1887	2.	613.	043.	823.	874.	054.	073.	843.	523.	292.	702.	432.	453.29
1888	2.	272.	002.	102.	732.	983.	113.	263.	162.	722.	352.	412.	292.60
1889	2.	312.	151.	992.	342.	522.	953.	152.	842.	452.	031.	762.	022.37
1890	2.	382.	672.	793.	283.	623.	993.	613.	152.	982	792.	762.	533.05
1891	2.	312.	292.	752.	622.	442.	582.	482.	212.	031.	651.	211.	282.15
1892	1.	311.	101.	141.	702.	503.	263.	383.	032.	712.	151.	821.	552.13
1893	1.	171.	251.	472.	203.	043.	232.	952.	612.	231.	881.	481.	562.08
1894	1.	841.	721.	752.	152.	542.	752.	732.	362.	191.	871.	631.	562.09
1895	1.	231.	001.	011.	261.	481.	571.	461.	381.	280.	800.	700.	861.17
1896	0.	960.	880.	831.	281.	661.	931.	812.	021.	701.	461.	091.	121.39
1897	1.	091.	291.	662.	212.	542.	642.	632.	472.	191.	701.	571.	541.86
1898	1.	591.	792.	052.	632.	782.	812.	592.	392.	011.	811.	691.	522.13
1899	1.	671.	461.	832.	132.	442.	562.	282.	091.	851.	611.	621.	341.90
1900	1.	361.	571.	922.	232.	392.	472.	342.	311.	001.	751.	491.	451.94
1901	1.	351.	000.	881.	291.	311.	721.	911.	781.	711.	331.	161.	191.38
1902	1.	080.	630.	941.	491.	862.	122.	742.	722.	382.	292.	021.	821.84
1903	1.	721.	702.	283.	053.	093.	052.	982.	762.	592.	251.	771.	312.37
1904	1.	191.	281.	862.	913.	173.	323.	413.	102.	842.	492.	121.	772.45
1905	1.	521.	311.	181.	832.	462.	983.	072.	882.	592.	301.	931.	922.16

1 Rapport des ingénieurs des lacs du Nord et du Nord-Ouest.

TABLEAU III.—FLUCTUATIONS DU LAC HURON[1] HAUTEUR MOYENNE MENSUELLE DE LA SURFACE DE L'EAU A SAND BEACH[2] AU-DESSUS DE LA MARÉE MOYENNE DE NEW-YORK.

Ajouter 580 pieds (sauf quand le nombre total est 9, ajouter alors 570) [3]

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
1854	....	....	....	.1.	151.	802.	072.	392.	352.	241.	671.	401.	22....
1855	.1.	061.	031.	101.	181.	752.	082.	172.	282.	372.	242.	042.	141.78
1856	.2.	201.	711.	731.	862.	292.	222.	292.	101.	981.	791.	731.	501.95
1857	.1.	301.	581.	712.	172.	522.	823.	253.	443.	293.	362.	552.	592.55
1858	.2.	522.	232.	152.	673.	153.	573.	963.	922.	523.	373.	043.	063.09
1859	.2.	572.	702.	763.	403.	553.	554.	203.	903.	663.	332.	832.	903.28
1860	.2.	832.	782.	922.	892.	943.	183.	273.	193.	002.	622.	502.	202.86
1861	.1.	992.	032.	172.	372.	993.	333.	453.	563.	483.	262.	952.	822.86
1862	.2.	442.	432.	342.	552.	923.	043.	093.	072.	853.	132.	812.	522.76
1863	.2.	362.	212.	162.	232.	552.	682.	592.	602.	462.	202.	161.	932.34
1864	.1.	791.	751.	751.	952.	382.	392.	342.	231.	911.	381.	211.	081.84
1865	.0.	720.	810.	981.	471.	631.	672.	102.	122.	001.	761.	200.	891.44
1866	.0.	630.	390.	440.	881.	071.	361.	621.	681.	531.	421.	331.	071.12
1867	.1.	051.	101.	281.	571.	792.	102.	252.	181.	911.	581.	120.	771.56
1868	.0.	610.	571.	251.	151.	431.	641.	671.	331.	090.	860.	790.	511.07
1869	.0.	410.	480.	220.	590.	921.	451.	832.	091.	981.	621.	501.	221.19
1870	.1.	281.	371.	672.	092.	432.	572.	682.	592.	732.	331.	931.	582.10
1871	.1.	731.	652.	252.	452.	802.	842.	872.	562.	241.	741.	531.	162.15
1872	.0.	990.	790.	290.	711.	111.	511.	611.	581.	481.	361.	060.	771.10
1873	.0.	600.	570.	641.	051.	551.	952.	152.	161.	991.	961.	861.	701.51
1874	.1.	721.	862.	001.	751.	902.	242.	402.	292.	111.	841.	301.	451.91
1875	.1.	161.	101.	141.	331.	681.	992.	182.	152.	192.	001.	891.	621.70
1876	.1.	741.	721.	852.	132.	733.	223.	603.	603.	493.	092.	942.	752.74
1877	.2.	462.	452.	382.	462.	632.	592.	772.	672.	402.	262.	212.	162.45
1878	.2.	061.	892.	061.	992.	392.	562.	602.	502.	212.	222.	031.	832.20
1879	.1.	531.	291.	251.	281.	411.	551.	591.	461.	381.	141.	021.	001.32
1880	.1.	050.	990.	980.	991.	391.	882.	192.	091.	971.	611.	491.	291.49
1881	.1.	161.	551.	561.	581.	902.	072.	222.	051.	892.	142.	272.	101.87
1882	.1.	951.	721.	862.	082.	252.	482.	622.	682.	562.	332.	081.	932.21
1883	.1.	731.	681.	721.	732.	302.	723.	203.	403.	082.	752.	862.	752.49
1884	.2.	562.	412.	452.	762.	983.	043.	123.	002.	652.	812.	462.	202.70
1885	.2.	472.	382.	382.	492.	893.	183.	243.	393.	293.	062.	872.	672.86
1886	.2.	672.	743.	933.	233.	553.	643.	483.	373.	153.	022.	752.	433.08
1887	.2.	262.	452.	662.	572.	772.	892.	972.	762.	412.	191.	741.	452.42
1888	.1.	341.	251.	421.	562.	002.	302.	332.	372.	071.	781.	601.	391.78
1889	.1.	251.	171.	151.	081.	221.	551.	811.	751.	581.	210.	870.	711.28
1890	.0.	780.	660.	640.	781.	091.	521.	711.	711.	441.	231.	030.	731.11
1891	.0.	530.	420.	390.	720.	960.	910.	940.	840.	650.	289.	979.	910.54
1892	.9.	939.	879.	930.	010.	140.	670.	961.	040.	871.	661.	330.	090.37
1893	.9.	849.	799.	870.	250.	881.	631.	351.	210.	920.	710.	480.	280.60
1894	.0.	230.	240.	390.	621.	021.	321.	471.	201.	010.	770.	580.	280.76
1895	.0.	039.	919.	920.	020.	170.	260.	230.	140.	019.	729.	330.	099.90
1896	.9.	169.	289.	189.	219.	619.	980.	040.	089.	909.	709.	569.	449.59
1897	.9.	529.	439.	579.	910.	489.	720.	900.	910.	650.	300.	189.	880.20
1898	.9.	739.	790.	020.	510.	630.	790.	890.	780.	590.	280.	200.	010.35
1899	.9.	759.	619.	769.	930.	470.	861.	151.	060.	860.	450.	310.	120.36
1900	.9.	899.	909.	930.	050.	200.	370.	620.	710.	790.	740.	730.	530.37
1901	.0.	440.	370.	260.	550.	820.	911.	071.	110.	880.	660.	430.	120.63
1902	.0.	009.	819.	739.	910.	160.	480.	760.	840.	520.	270.	149.	930.21
1903	.9.	759.	799.	920.	270.	390.	560.	750.	730.	800.	830.	410.	120.36
1904	.9.	909.	920.	090.	610.	991.	411.	551.	531.	781.	260.	950.	500.84
1905	.0.	380.	300.	290.	660.	951.	401.	511.	561.	451.	220.	930.	670.95

1 Du rapport des Ingénieurs des E.-U. 1904.

2 Fluctuations depuis 1860-64 à Port aux Barques, Mich.; 1863-70 à Milwaukee, Wis.; 1871-'4 à Port Austin, Mich.; 1875-1900 Sand Beach, Mich.

3 Ce qui précède est de nouvelles élévations corrigées; 0.507 pieds au-dessus des anciennes qui étaient basées sur le gabarit du G. T. R. '80 milles au-dessous du lac Huron et 0.66 pied au-dessous du lac à Fort Gratiot.

TABLEAU IV.—LAC ONTARIO À TORONTO

Moyenne mensuelle des niveaux de l'eau au-dessus de la mesure des Commissaires du Port dont l'élévation est de 244.79 pieds au-dessus de la marée moyenne à New-York. (1)

Années	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne
1854	1.67	1.75	1.83	2.00	2.54	2.96	2.83	2.25	1.83	1.42	.87	.75	1.89
1855	0.67	.83	.42	.50	1.33	1.67	2.21	2.33	2.17	2.04	1.83	1.92	1.49
1856	1.67	1.50	1.42	1.67	2.42	2.58	2.50	2.96	1.75	1.37	.87	.58	1.77
1857	.33	.42	.96	1.46	2.46	3.00	3.50	3.42	3.25	2.75	2.75	3.08	2.28
1858	2.58	2.50	2.00	2.33	2.54	3.25	3.54	3.37	2.92	2.42	2.08	1.75	2.61
1859	1.75	1.79	1.92	2.83	2.46	3.46	3.25	2.96	2.33	1.83	1.29	1.42	2.35
1860	1.42	1.42	1.33	1.42	1.67	1.87	1.92	1.87	1.50	1.25	1.25	1.29	1.52
1861	1.17	1.08	1.54	2.08	2.79	3.12	3.00	2.83	2.33	2.46	2.42	2.25	2.26
1862	1.75	1.54	1.67	1.58	3.42	3.33	3.08	2.75	2.29	1.75	1.33	1.00	2.13
1863	1.00	1.17	1.46	2.25	2.75	2.75	2.50	2.08	1.58	1.08	.96	1.00	1.71
1864	.71	.71	.75	1.46	2.42	2.79	2.29	1.92	1.50	1.00	1.17	1.33	1.50
1865	1.12	.79	.92	1.96	2.25	2.25	1.87	1.50	1.08	.67	.33	.17	1.24
1866	— .08	— .33	— .12	+ .42	.92	1.42	1.50	1.33	1.17	1.17	1.04	1.42	.82
1867	1.42	1.37	1.50	1.87	2.75	3.12	2.83	2.33	1.50	.92	.25	— .08	1.65
1868	— .33	— .62	— .29	+ .33	.75	1.25	1.25	.92	.67	.25	.21	.17	.38
1869	.08	.00	.21	.83	1.50	1.92	2.12	2.08	2.00	1.67	1.37	1.46	1.27
1870	1.96	2.08	2.08	3.12	3.83	3.50	3.12	2.75	2.17	1.79	1.33	1.21	2.41
1871	1.00	1.50	1.08	1.50	1.92	1.79	1.62	1.33	.83	.42	— .08	— .33	1.05
1872	— .42	— .75	— .96	— .50	— .17	+ .25	.17	.00	— .25	— .42	— .58	— .83	— .38
1873	— .87	— .96	— .75	+1.04	1.75	1.79	1.67	1.58	1.08	1.50	.50	.58	.74
1874	1.25	1.58	1.83	2.00	2.17	2.25	2.21	1.92	1.42	.87	.33	.00	1.49
1875	— .37	— .71	— .50	+ .08	.62	.83	.83	.75	.42	.17	.00	— .08	.17
1876	.25	.83	1.62	2.33	2.92	3.17	3.17	2.75	2.21	1.75	1.50	1.08	1.97
1877	.79	.46	.58	1.25	1.42	1.33	1.33	1.08	.67	.33	.08	.21	.79
1878	.33	.50	1.08	1.46	1.79	1.83	1.75	1.67	1.58	1.17	1.00	1.58	1.31
1879	1.50	1.17	1.17	1.46	1.71	1.58	1.33	.92	.50	.17	— .29	— .29	.91
1880	.17	.42	.75	.92	1.25	1.50	1.37	1.12	.71	.25	.21	.00	.72
1881	— .42	— .29	+ .17	.62	.92	1.17	1.08	— .83	.42	.00	— .17	— .12	.35
1882	.33	.58	1.25	1.50	1.79	2.37	2.25	2.04	1.67	1.17	.71	.33	1.33
1883	.08	.08	.33	.92	1.83	2.42	2.75	2.62	2.25	2.00	1.50	1.42	1.52
1884	1.29	1.50	2.12	2.92	3.21	3.08	2.83	2.62	2.17	1.83	1.42	1.00	2.17
1885	.92	.83	.58	1.04	2.17	2.33	2.54	2.46	2.29	2.12	2.17	2.17	1.80
1886	2.50	2.50	2.54	3.25	3.67	3.42	3.08	2.54	2.17	1.79	1.42	1.42	2.52
1887	1.25	1.75	2.17	2.54	3.08	3.17	2.83	2.42	1.75	1.37	.79	.67	1.98

TABLEAU IV.—LAC ONTARIO À TORONTO.—*Suite*

Années	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne
1888	.46	.25	.42	.92	1.25	1.29	1.25	1.17	.92	.58	.42	.33	.77
1889	.42	.67	.67	1.00	1.17	1.42	1.75	1.50	1.00	.42	.08	.50	.88
1890	1.00	1.46	1.75	2.00	2.33	2.92	2.87	2.37	2.00	1.71	1.50	1.33	1.94
1891	1.04	1.08	1.58	2.21	2.21	1.83	1.50	1.00	.67	.08	— .62	— .79	.98
1892	— .58	— .79	— .75	— .33	.00	.58	1.00	1.08	.87	.46	.08	.00	.14
1893	— .37	— .46	— .17	+ .50	1.67	2.17	1.83	1.37	1.12	.58	.17	.04	.70
1894	.25	.46	.67	.79	1.00	1.46	1.33	.83	.37	— .08	— .25	— .58	+ .52
1895	— .83	—1.08	—1.03	— .53	— .27	— .38	— .71	— .97	—1.20	—1.67	—1.89	—1.75	—1.02
1896	—1.50	—1.25	—1.17	— .17	.17	.08	— .17	— .37	— .79	—1.04	—1.21	—1.33	— .73
1897	— 1.46	— 1.42	— .71	— .25	+ .29	.50	.50	.42	.00	— .58	— .83	— .67	— .35
1898	— .46	— .08	+ .33	.67	.92	.96	.79	.37	.00	— .12	— .21	— .33	+ .24
1899	— .12	— .21	+ .04	.62	.96	1.04	.92	.50	— .04	— .33	— .54	— .67	+ .18
1900	— .54	— .37	.00	+ .58	.96	.87	.67	.50	.00	— .29	— .54	— .35	+ .12
1901	—0.46	—0.68	—0.73	+0.33	0.77	0.89	0.72	0.44	0.05	—0.41	—0.86	—0.75	—0.05
1902	—0.58	—0.72	—0.05	+0.39	0.44	0.46	0.94	1.00	0.66	0.30	0.04	0.20	+0.22
1903	0.27	0.16	+0.54	0.41	1.55	1.46	1.47	1.33	1.02	0.58	0.20	—0.12	+0.75
1904	—0.32	—0.14	+0.41	1.70	2.44	2.79	2.80	2.54	2.18	1.77	1.25	0.69	1.51
1905	0.66	0.19	0.12	0.94	1.28	1.66	2.00	2.03	1.83	1.48	1.09	.....	1.10
1906	1.18	1.16	1.00	1.21	1.35	1.46	1.61	1.33	0.79	0.64	0.53	0.64	1.07

Pour les fluctuations moyennes annuelles du fleuve St-Laurent, *voir* chapitres XIX et XXXI.

1 Altitudes of Can. James White F.R.G.S., 1901, p. 254; pour les années 1854-1890. Pour les années 1898-1891, de données gracieusement fournies par M. Colin W. Postlethwaite, maître du Port, Toronto.

TABLEAU V.—FLUCTUATIONS DU LAC ONTARIO À TORONTO, CHARLOTTE ET OSWEGO.

Années.	Toronto.	Charlotte.	Charlotte, en amont de Toronto	Oswego.	Oswego, en amont de Toronto
1850		245.74		245.49	
1851		245.47		245.72	
1852		246.34		246.48	
1853		246.91		246.96	
1854	246.68	246.21	—.47	246.46	—.22
1855	246.28	246.02	—.26	245.62	—.66
1856	246.56	246.33	—.23	245.78	—.78
1857	247.07	246.74	—.33	246.72	—.35
1858	247.40	248.33	+.93	248.22	+.82
1859	247.14	247.92	+.78	248.10	+.96
1860	246.31	246.83	+.52	247.05	+.74
1861	247.05	247.61	+.56	247.52	+.47
1862	246.92	247.60	+.68	247.72	+.80
1863	246.50	247.20	+.70	247.27	+.77
1864	246.29	247.02	+.73	247.03	+.74
1865	246.03	246.76	+.73	246.98	+.95
1866	245.62	246.42	+.80	246.22	+.60
1867	246.44	247.37	+.93	246.92	+.48
1868	245.17	245.95	+.78	245.64	+.47
1869	246.06	246.80	+.74	246.62	+.56
1870	247.20	247.88	+.68	247.67	+.47
1871	245.84	246.51	+.67	246.27	+.43
1872	244.41	244.98	+.57	244.91	+.50
1873	245.53	246.05	+.52	245.95	+.42
1874	246.28	246.80	+.52	246.66	+.38
1875	244.96	245.51	+.55	245.36	+.40
1876	246.76	247.37	+.61	247.19	+.43
1877	245.58	246.18	+.60	246.01	+.43
1878	246.10	246.78	+.68	246.59	+.49
1879	245.70	246.43	+.73	246.30	+.60
1880	245.51	246.03	+.52	245.90	+.39
1881	245.14	245.72	+.58	245.60	+.46
1882	246.13	246.79	+.66	246.65	+.52
1883	246.31	246.82	+.51	246.76	+.45
1884	246.96	247.34	+.38	247.37	+.41
1885	246.59	246.80	+.21	246.92	+.33
1886	247.31	247.52	+.21	247.70	+.39
1887	246.77	247.10	+.33	247.14	+.37
1888	245.56	245.88	+.32	245.99	+.43
1889	245.67	246.11	+.44	246.11	+.44
1890	246.73	247.08	+.35	247.24	+.51
1891	245.77	246.17	+.40	246.20	+.43
1892	244.93	245.45	+.52	245.47	+.54
1893	245.49	246.09	+.60	246.07	+.58
1894	245.31	245.89	+.58	245.87	+.56
1895	243.81	244.44	+.63	244.37	+.56
1896	244.06	244.70	+.64	244.71	+.65
1897	244.44	244.94	+.50	244.90	+.46
1898	245.03	245.40	+.37	245.45	+.42
1899	244.97	245.33	+.36	245.28	+.31
1900	244.91	245.35	+.44	245.32	+.41
1901	244.73	245.24	+.51	245.27	+.54
1902	245.01	245.46	+.45		
1903	245.54	245.99	+.45		
1904	246.29	246.63	+.34		
1905	245.91	246.31	+.40		

ANNEXE VI.

TABLEAU I.—DÉBIT MENSUEL MOYEN DE LA RIVIÈRE NIAGARA EN UNITÉS D'UN MILLIER DE PIEDS CUBES.

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
1860	234	225	235	250	255	254	249	245	237	231	229	225	239
1861	219	213	223	246	256	257	252	253	249	243	243	238	241
1862	238	231	234	254	260	250	259	251	244	235	227	228	243
1863	238	245	243	246	250	247	244	243	234	224	215	214	237
1864	207	211	216	227	243	241	236	229	225	218	214	215	223
1865	206	193	200	216	229	229	228	226	225	218	210	207	215
1866	201	197	206	219	224	229	232	226	225	225	219	220	218
1867	213	204	215	222	234	241	236	229	221	213	202	197	219
1868	192	184	197	216	226	235	234	222	216	206	202	198	211
1869	198	196	207	214	226	235	241	239	233	223	212	220	220
1870	225	231	225	240	245	244	245	244	238	230	223	220	234
1871	216	208	218	229	235	236	235	230	227	212	208	198	221
1872	196	191	189	193	203	211	211	210	205	201	194	189	199
1873	187	187	188	217	232	234	234	232	223	216	212	220	215
1874	229	230	231	235	237	238	239	235	225	215	206	210	227
1875	196	192	195	204	215	224	227	227	224	213	209	214	212
1876	214	226	241	252	260	262	260	253	249	237	239	231	244
1877	222	219	214	223	229	231	236	233	231	222	220	222	225
1878	224	227	230	239	245	245	245	240	237	229	225	226	234
1879	217	214	214	223	226	228	229	224	216	221	201	206	217
1880	218	218	222	225	231	234	236	230	225	215	214	206	223
1881	197	199	206	222	231	236	235	228	220	219	215	220	219
1882	230	230	240	245	250	253	252	249	243	232	225	214	239
1883	212	216	221	223	224	249	254	253	245	238	230	231	234
1884	233	229	233	246	252	254	249	245	235	228	218	216	236
1885	212	207	204	222	238	250	249	249	246	244	241	240	233
1886	240	224	220	239	246	248	248	243	238	233	226	224	236
1887	219	229	246	247	251	252	247	240	234	221	215	216	235
1888	212	205	207	222	227	230	234	232	222	213	215	212	219
1889	212	209	205	213	218	227	231	224	216	206	200	206	214
1890	214	220	233	234	242	250	242	232	227	223	223	217	229
1891	212	212	222	219	215	218	216	210	206	198	188	189	209
1892	190	185	186	199	217	234	236	229	221	209	201	195	209
1893	187	189	194	210	229	233	227	219	211	203	194	196	207
1894	202	199	200	209	218	222	222	214	210	203	197	196	207
1895	188	183	183	189	194	196	193	192	189	178	176	180	187
1896	182	180	179	189	198	204	201	206	199	193	185	186	192
1897	185	189	198	210	218	220	220	216	210	199	196	195	205
1898	196	201	207	220	223	224	219	214	206	201	198	195	209
1899	198	193	202	208	215	218	212	207	202	197	197	191	203
1900	191	196	204	211	214	216	213	212	205	200	194	193	204
1901	191	183	180	189	199	203	203	201	199	190	187	187	193
1902	185	175	182	194	202	208	222	222	214	212	206	201	202
1903	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	213
1904	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	215
1905	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	208

1 Du Rapport du chef des Ingénieurs, E.-U. A. p. 2875, 76–1903.

TABLEAU II.—DÉBIT MENSUEL MOYEN DE LA RIVIÈRE ST-CLAIR, PAR UNITÉS DE MILLE PIEDS.[1]

Année	Jan.	Fev.	Mars.	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
1860	198	178	185	201	230	254	259	257	254	245	242	231	228
1861	182	163	171	191	231	257	263	266	265	260	251	225	227
1862	190	171	174	194	230	247	249	252	248	259	252	213	223
1863	189	167	171	188	223	241	239	241	239	235	237	197	214
1864	178	158	163	183	220	231	235	234	226	213	208	193	203
1865	157	140	148	174	205	217	231	232	229	224	210	196	197
1866	156	132	138	163	195	208	215	218	214	211	210	191	187
1867	163	145	154	176	208	226	212	212	227	220	210	186	198
1868	155	135	152	168	201	214	215	209	204	201	200	200	188
1869	151	133	134	157	192	209	218	226	225	218	218	207	191
1870	168	151	161	186	221	239	242	240	216	237	227	196	210
1871	182	161	178	198	233	250	251	243	235	225	221	191	214
1872	162	139	143	160	195	219	225	221	220	216	213	209	194
1873	155	135	142	166	204	225	230	231	228	232	231	203	198
1874	176	160	168	181	210	235	238	235	232	226	211	207	207
1875	165	145	151	171	206	230	233	233	238	233	233	229	206
1876	177	157	165	186	226	248	262	263	267	258	254	218	223
1877	190	171	175	193	224	246	249	247	241	237	233	212	218
1878	183	160	169	184	220	239	238	236	231	235	234	196	210
1879	173	149	153	170	201	196	215	213	213	208	208	201	192
1880	164	143	148	165	201	222	230	229	228	219	217	217	199
1881	166	154	159	176	210	225	230	225	224	237	240	213	205
1882	181	157	165	185	217	223	228	230	228	236	230	229	209
1883	176	156	162	179	218	238	243	252	249	243	255	219	216
1884	192	170	176	198	231	245	247	248	241	251	245	227	223
1885	190	170	175	193	229	254	258	262	261	258	251	223	227
1886	194	177	185	207	242	272	266	262	259	257	253	204	232
1887	187	171	180	195	227	248	251	246	238	236	226	203	217
1888	169	148	157	175	212	240	236	239	232	227	222	190	204
1889	167	147	152	166	198	214	222	222	219	213	205	191	193
1890	158	137	142	161	195	206	214	218	213	209	202	175	186
1891	154	132	137	159	193	202	201	200	195	187	180	178	176
1892	142	123	128	146	177	185	193	199	195	195	190	182	171
1893	140	120	127	150	191	219	208	205	200	196	193	182	178
1894	148	129	137	158	194	210	215	208	204	199	197	199	180
1895	144	123	128	146	178	189	187	184	182	178	168	166	164
1896	127	110	114	131	167	177	177	175	174	169	171	174	156
1897	134	113	121	144	183	195	199	200	195	188	186	196	171
1898	138	120	130	155	186	194	196	195	192	196	183	179	171
1899	140	117	125	144	183	199	207	204	202	192	190	186	174
1900	141	122	128	147	178	187	192	194	200	200	202	179	173
1901	149	127	132	157	190	207	210	212	202	200	196	179	180
1902	144	121	124	145	178	192	190	194	190	180	182	169	167
1903	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
1904	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	[2] 170
1905	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	[2] 179

1 Du rapport du chef des Ingénieurs, E.-U. A., pp. 2874-75-1903.

2 Approximativement.

TABLEAU III.—DÉBITS ANNUELS MOYENS DES RIVIÈRES ST-LAURENT ET STE-MARIE(1)

Années	St. Laurent	Ste. Marie
1860	271,510	91,429
1861	287,921	92,223
1862	288,625	86,540
1863	277,158	79,934
1864	271,063	73,733
1865	269,369	81,569
1866	250,559	81,294
1867	268,441	85,763
1868	236,011	81,974
1869	260,929	88,434
1870	287,209	82,460
1871	251,596	74,591
1872	217,423	77,959
1873	244,173	82,462
1874	261,439	82,397
1875	228,842	85,245
1876	275,449	91,235
1877	244,376	82,768
1878	260,138	73,475
1879	251,966	60,635
1880	242,402	69,637
1881	234,732	78,347
1882	261,593	77,508
1883	264,699	73,252
1884	279,607	69,912
1885	268,382	75,173
1886	287,753	71,539
1887	273,812	70,296
1888	242,381	66,956
1889	247,784	67,532
1890	274,235	65,174
1891	249,782	58,199
1892	231,594	57,427
1893	246,915	63,048
1894	241,539	74,143
1895	203,625	76,796
1896	212,293	77,978
1897	217,155	78,879
1898	231,123	72,231
1899	226,661	85,655
1900	227,714	87,211
1901	226,499	87,220
1902	232,100	.....
1903	245,800	.....
1904	262,300	.....
1905	255,300	.....

1 Rapport du chef des Ingénieurs, E.-U. A. pp. 2872-73 et 2877-1903.

ANNEXE VII.

Ce qui suit est une réimpression des extraits originaux qui constituaient la découverte du détournement des eaux Huron, enlevés au lac Erié qui s'est rétréci à une mare et le débordement subséquent des eaux Huron dans le drainage Erié. Le chenal de la vallée Laurentienne ensevelie entre la baie Georgienne et le lac Ontario, comme aussi d'autres traits qui se rattachent à l'histoire du lac, ont été décrits pour la première fois dans l'exstrait réimprimé ici.

NOTES SUR L'ORIGINE DES GRANDS LACS DE L'AMÉRIQUE DU NORD.

PAR J. W. SPENCER.

(Lu devant la réunion de Cleveland de l'Association américaine pour l'Avancement des Sciences (1884). Délibérations de l'Association Américaine pour l'Avancement des Sciences, Vol. XXXII, pp. 197-199.)

EXTRAIT.

DÉCOUVERTE DU COURS ANCIEN DU SAINT-LAURENT.

Des investigations antérieures par l'auteur ont montré qu'il y avait autrefois une rivière égouttant le bassin Erié et se jettant dans l'extrémité occidentale du lac Ontario, puis, de là à l'est d'Oswego mais qu'on ne peut pas suivre plus loin parce que le fond s'élève au nord-est. Du côté septentrional, il y avait une série d'escarpements (quelques-uns submergés maintenant) avec des falaises verticales faisant face au vieux chenal. Des études récentes des plages soulevées démontrent que la disparition de cette vallée du St-Laurent faisait un avec celle du lac Ontario. Des découvertes récentes d'un chenal profond du côté nord du lac Ontario (quelques milles à l'est de Toronto) et l'absence de roches, jusqu'à une grande profondeur sous les matériaux de transport, bien en dessous de la surface du lac Huron entre le lac Ontario et la baie Georgienne, et en avant de l'escarpement Niagara entre ces lacs, d'un chenal dans la ont coulé même sur des moraines et des graviers meubles. De plus, même si les glaciers sont capables d'une grande action de

baie Georgienne au pied de l'escarpement et du chenal qui coupe le lac Huron, aussi au pied d'un haut escarpement, montrant que l'ancien Saint-Laurent, durant une période de haute élévation continentale, s'est soulevé dans le bassin du lac Michigan, a découlé en travers du bassin du lac Huron et a descendu la baie Georgienne et un chenal, maintenant comblé de transport jusqu'au lac Ontario, puis par la vallée actuelle du St-Laurent jusqu'à la mer, recevant sur sa route l'ancien drainage du bassin Erié et d'autres vallées.

ORIGINE DES BASSINS DES GRANDS LACS.

Les deux questions en jeu sont "l'origine des vallées", et la "cause de leur fermeture en bassins d'eau". Les bassins des lacs Ontario et Huron sont mis à l'étude. Le travail antérieur sur le cours de l'ancien Saint-Laurent montre que les bassins Huron et Ontario sont des sections de l'ancienne grande vallée du Saint-Laurent qui était bornée, spécialement du côté sud par de hauts escarpements à pic dont quelques-uns sont submergés. Du côté nord, il y avait des escarpements moins verticaux, maintenant submergés avec des murs faisant face à l'ancienne vallée. La vallée a été excavée quand le continent était à une forte altitude, car la portion est était à 1,200 pieds au moins plus haute qu'à présent comme le montrent les chenaux du bas Saint-Laurent, le détroit d'Hudson et au large de New-York et la baie de Chesapeake. La vallée a été partiellement obstruée par de l'alluvion et en partie par l'élévation différentielle de la surface de la terre au nord et au nord-ouest, par suite de mouvements terrestres. La quantité de gauchissement mesurable semblait introuvable jusqu'à ces derniers temps,mais on la mesure maintenant au moyen du soulèvement des plages et des falaises marines. On ne peut étudier qu'une seule autre explication de l'origine des bassins– celle de l'"Erosion des Glaciers" (a) parce que les bassins des lacs sont dans la région qui a subi l'action glaciaire; (b) parce que les glaciers sont considérés (par quelques personnes) comme des agents d'érosion; (c) parce que leur nécessité était supposée, vu l'ignorance du gauchissement terrestre.

En réponse; les glaciers vivants usent mais ne rongent pas les roches dures et l'on sait que les glaciers modernes ou éteints

labourage, ils n'influencent pas les vallées du lac, car la glaciation des roches de surface montre que le mouvement s'est produit sous les deux angles (de 15° à 90°) jusqu'à l'allure des escarpements verticaux contre lesquels s'est produit le mouvement. De même, les parois verticales des escarpements ne sont pas polies comme celles des vallées des Alpes que les glaciers ont descendues. Finalement, le gauchissement de la surface de la terre dans la région des lacs, depuis l'épisode des plages, après la déposition des matériaux de transport proprement dite est presque suffisante pour expliquer toutes les barrières rocheuses qui obstruent la vieille vallée et forme les bassins des lacs.

ÉTABLISSEMENT DE DÉMEMBREMENT DU LAC WARREN.

C'est le premier chapitre de l'histoire des Grands Lacs et il est subséquent à la déposition de l'argile à blocaux supérieure et par suite, les lacs sont entièrement très neufs au point de vue de l'époque géologique. Par suite des mouvements de gauchissement de la croûte terrestre, que l'on voit sur les plages—après la déposition de l'argile à blocaux postérieure, la région des lacs a été réduite au niveau de la mer et il n'y avait pas de hautes terres canadiennes au nord des Grands Lacs. Durant les élévations postérieures du continent, des plages se sont faites autour des îles soulevées . . . Avec le soulèvement du continent, le lac (ou peut-être le golfe) de Warren—nom donné à la nappe d'eau couvrant le bassin de tous les grands lacs—s'est formé.

Une succession de plages de ce lac a été élaborée en Canada et du lac Michigan à New-York, s'étendant sur plusieurs, et presque des milliers de milles. Partout, le soulèvment différentiel avait augmenté, de presque zéro vers l'extrémité occidentale du bassin Erié à trois, cinq et même plus de pieds par mille, dans les plages plus élevées. Avec les élévations successives du terrain ce lac s'est démembré comme il est décrit dans les études suivantes—et les lacs actuels ont pris naissance.

DÉCOUVERTE DU DÉBOUCHÉ DU LAC HURON-MICHIGAN-SUPÉRIEUR DANS ONTARIO PAR LA VALLÉE DE TRENT.

Avec l'élévation continentale décrite dans le dernier travail—par suite du soulèvement plus rapide de la terre au nord-

est,—le lac Warren s'est démembré et l'Huron, le Michigan et Supérieur ont formé chacun un lac; le bassin Erié a été soulevé du lit du lac Warren et s'est égoutté et le lac Ontario est resté un lac de bas niveau. Le débouché du lac d'En Haut était au sud-est de la baie Georgienne par la vallée de Trent pour atteindre le lac Ontario à soixante milles à peu près à l'ouest du débouché actuel de ce lac. Le débouché de ce lac d'En Haut avait vingt-six pieds de profondeur quand il se ralliait à la vallée de Trent et le chenal avait de un à deux milles de largeur. Sur quelques milles, ce chenal est taillé au travers d'arêtes de transport, à une profondeur de 500 pieds. Avec la continuation de soulèvement continentale au nord-est (qui a soulevé l'ancienne plage au débouché dans la vallée de Trent, à 300 pieds à peu près au-dessus de la surface actuelle du lac Huron) les eaux ont été refoulées au sud et ont débordé dans le bassin Erié rendant ainsi le débouché Erié des lacs d'En Haut, de date récente. Ceci est prouvé par le fait que la plage qui marquait l'ancienne plage de surface du grand lac d'En Haut descend au niveau actuel de l'eau à l'extrémité méridionale du lac Huron.

L'ÉRIÉ, LE PLUS JEUNE DE TOUS LES GRANDS LACS.

Le bassin Erié est très bas et au démembrement du lac Warren s'égouttait par la rivière Niagara nouvellement construite (sauf peut-être un petit lac au sud-est de Long point). Subséquemment, le gauchissement nord-est (est beaucoup moindre en importance que plus au nord au débouché de Trent) a éventuellement soulevé une barrière rocheuse et fait de l'Erié, à l'époque récente, un lac. Les plages auprès de Cleveland ne sont pas celles de l'Erié séparé, mais appartiennent au lac Warren.

Avis.—Pour discerner de la moderne, l'ancienne vallée du Saint-Laurent déjà décrite est appelée "laurentienne", l'ancienne rivière du bassin Erié, l'Erigan; le lac Huron-Michigan-Supérieur, L'Algonquin, comme aussi la plage qui marquait ses rives et la rivière qui vidait ses eaux par la vallée de Trent. Le lac Ontario élargi, puis séparé à été nommé l'Iroquois, de même que sa plage principale qui est maintenant à 116 pieds au-dessus de sa surface moderne à l'extrémité occidentale finale du lac, tandis qu'à 135 milles au nord-est (près de Trenton) son élévation est 386 pieds.

ANNEXE VIII.

SUR LA DÉCOUVERTE DES CHUTES NIAGARA ET SUR LEUR NOM.

DE LA DÉCOUVERTE.

CARTIER.—Après la découverte du continent septentrional par Cabot en 1497, on dit que des bâteaux de pêche français visitèrent les Bancs de Terreneuve, mais cachèrent la notion de leurs lieux de pêche, si bien que le golfe et le fleuve St-Laurent ne furent connus qu'après les voyages de Jacques Cartier en 1534 et 1535. Le 3 octobre 1535, Cartier fit l'ascension du Mont Royal (à Montréal) et vit de là les rapides impétueux de Lachine avec le parcours plus calme de la grande rivière du Canada (St-Laurent) s'étendant bien en amont. On lui montra aussi une autre rivière (Ottawa) venant de l'ouest. Les guides indiquèrent trois rapides en amont de Lachine, au delà desquels on pouvait voyager à l'est durant trois mois sans rencontrer. d'obstacles[1] En conséquence, Cartier a été le premier européen qui a découvert le commencement de la route du Niagara.

CHAMPLAIN.—Les rapides de Lachine n'ont pas été revisits avant que Champlain ne s'y rendit en 1603. Il essaya de les remonter, mais échoua. Néanmoins, il demanda aux sauvages des renseignements sur la source de la "Grande Rivière du Canada". Leurs récits sont donnés dans l'"Histoire de la nouvelle France" par Marc Lescarbot, publiée en 1609 et ont été pris du livre de Champlain: "Des Sauvages" (1604.)[2] Ces descriptions concordent étroitement et deux d'entre elles prises d'une exemplaire original de son Carbot (pp. 381-384) peuvent être brièvement répétées ensemble. Un troisième récit par d'autres sauvages donne plus de détails quant au St-Laurent, diffère un peu quand aux distances et a trait aux Mille Iles.

Après avoir passé à Montréal les rapides de Lachine qu'ils pouvaient voir à une distance de deux ou trois lieues, il y a une rivière qui mène au pays Algoumequin (ceci a trait à la rivière

---

1 "Jacques Cartier and His Four Voyages to Canada." By Hiram B. Stephens. Montreal, p. 66.

2 Voir Edition de Québec (1870), Vol. II., et "Champlain not Cartier" par Peter A Porter, Niagara Falls, 1899.

Ottawa). En continuant à remonter la rivière on passe cinq rapides à une distance de huit à neuf lieues où chaque rapide est d'un quart de lieue. Les rapides sont excessivement difficiles à passer. Puis on entre dans une rivière qui est comme un lac, long de quinze lieues suivant l'un et de six ou sept suivant un autre. (Ce sont les rapides entre les portions élargies du St-Laurent qui forment les lacs St-Louis et St-François). Au delà, on passe cinq autres rapides dans une distance de vingt à vingt-cinq lieues en amont desquelles on pénètre dans un "très grand lac" long de 150 lieues d'après l'un et de 300 lieues d'après l'autre. A la fin de ce grand lac (Ontario) il y a d'autres chutes, d'une lieu de largeur descendant avec un très grand courant d'eau dans le lac. Après avoir passé ces chutes et porté les canots, on pénètre dans un autre grand lac où l'on ne voit pas la côte d'aucun côté car le lac est aussi grand que le premier. A la fin de ce second lac, il y a une mer, mais ils n'ont pas été au delà.

Dans cette narration combinée il y a une description claire du lac Ontario où l'on parle aussi de ce qu'on appelle maintenant la vallée de Trent et la baie de Quinté en descendant lesquels les Algonquins venaient faire la guerre aux Iroquois qui descendaient d'autres rivières sur le côté sud du lac Ontario. C'est là la première allusion au lac Erié qui est clairement mis de l'avant et aussi à la rivière Niagara et aux grandes chutes citées—avec même une allusion à leur largeur. Mais toutes ces distances peuvent facilement être réduites. L'emplacement de la rivière Niagara à une quarantaine de milles de sa position est là seulement une erreur de détail. Un compte rendu aussi clair, obtenu nécessairement au moyen de dessins de Sauvages parlant une langue qui ne pouvait pas être bien comprise est très remarquable et si le livre avait été publié à une date postérieure, on aurait pu douter de l'antiquité de la narration. La première nouvelle donnée au monde de l'existence des fameuses chutes doit être attribuée à Champlain bien qu'il ne les ait jamais vues, mêmes dans ses voyages postérieurs.

Les trafiquants et les missionnaires étaient dans la région du Niagara dès 1626 (peut-être Brûlé en 1611); mais ils n'avaient pas fait mention des chutes. Sur la carte de Champlain en 1632 (dont j'ai vu un exemplaire original), le lac Erié est re-

présenté plutôt comme un détroit ou une rivière élargie avec des îles non existantes ou exagérées reliant "La mer d'eau douce des Hurons" (lac Huron), à la fin du lac Ontario où Champain place les grandes chutes. Dans sa note explicative (No. 90) dans le volume, il dit: "Sault d'eau au bout du Sault Saint Louis fort haut où plusieurs sortes de poissons descendans s'étourdissent". (Le lac St-Louis est le même que le lac Ontario.) La carte de Champlain est inférieure au récit des sauvages du lac Erié donné un quart de siècle avant et n'indique rien de nouveau sur les chutes du Niagara.

Lalement et Ragueneau.—En 1641, le père Lalement vint de la mission Ste-Marie dans le comté de Huron apparemment à travers la péninsule du sud-ouest d'Ontario pour entrer dans le pays de la "Nation neutre", puis il fallut "quatre jours pour aller à l'entrée de la rivière si célèbre de cette nation qui se jette dans le lac Ontario ou lac St-Louis". "Le cours d'eau ou rivière est celui par lequel se jette notre Grand lac des Hurons, une mer d'eau douce; il coule d'abord dans le lac d'Erié ou de la nation du Chat, et à la fin du lac, il entre dans le territoire de la Nation Neutre et prend le nom de Onguaahra, jusqu'à ce qu'il se jette dans Ontario."[1]

En 1648, le Père Ragueneau écrivit: "Presque droit au sud du pays de la Nation neutre, nous trouvons un grand lac de 200 lieues de circonférence appelé Erié: Il est formé par le débit de la mer d'eau douce (c'est-à-dire le lac Ontario) et se précipice sur une chute d'eau de hauteur effrayante dans un troisième lac appelé Ontario."[1]

Bien que ces récits décrivent plus complètement le lac Erié et situent exactement le Niagara ils n'ajoutent pas d'information quant au caractère des chutes en plus de la narration des sauvages de Champlain, bien qu'il donne le nom de la rivière et que l'autre cite les chutes. On ne saura jamais quel fut le premier Européen qui a vu les chutes, c'était sans doute quelque *coureur de bois* ou quelque missionnaire qui n'a pas laissé de notes écrites. Mais sûrement celui-là ou ceux-là les avaient fait connaître puisqu'elles étaient "si célèbres" quand Lalement vît la rivière et Ragueneau, les chutes plus tard; c'est pourquoi leurs noms figurent comme pionniers des visiteurs de la région. Les

1 Jesuit Relations. 1641, Thwaites' edition, pp. 191, 193.

1 Ib., 1648 (French and English edition, by Reuben Gold Thwaites, 1908), p. 63.

Iroquois hostiles avaient bouleversé le cours des premières explorations de cette région et l'avaient détourné vers le lac Huron et au delà par une autre route avant que le lac Erié fût connu autrement que par des rapports.

La Salle, accompagné de Dollier de Casson et de René de Gallinée était dans cette région en 1669. Gallinée parle d'avoir passé près de l'embouchure de la rivière Niagara et d'avoir entendu le rugissement des chutes.[1] Dans sa carte de 1670, il dit que les chutes tombent d'après les dires des Sauvages d'une hauteur de plus de 200 pieds.[2] Une autre carte sans nom a été faite trois ou quatre ans plus tard, sur laquelle le Niagara est décrit comme "chute haute de 120 toises par où le lac Erié tombe dans le lac Frontenac"[3] (Ontario). Ainsi la largeur et la hauteur des chutes du Niagara étaient citées avant la visite de La Salle et de Hennepin en 1678.

La célèbre visite de Hennepin fut suivie d'un coup d'œil aux cataractes par La Houtan en 1688, (qui leur donne une hauteur de 800 pieds).

Charlevoix fut le premier observateur attentif qui visita les chutes (en 1721). Il évalue la ligne de crête à 400 pieds. Il dit qu'exactement au milieu, la cataracte est divisée en deux par une île très étroite d'un demi-mille de longeur qui finit en pointe, mais que bientôt les deux chutes se réunissent. Il essaya de mesurer leur hauteur et il donne 140 pieds (français). Il dit qu'une des chutes avait plusieurs points en saillie, mais que l'autre paraissait très uniforme. A cette époque la chute transversale de Hennepin avait disparu. L'étroitesse de l'extrémité de l'île a été confirmée par Kalm en 1750 et par le tableau de Pierie en 1768.

Cavagnac, fils du gouverneur général du Canada, les a visitées en 1722 et donne 26 brasses (166 pieds anglais) pour la hauteur des chutes.

Le récit plus complet de Kalman en 1750 est donné à l'annexe I.

Ce court aperçu fournit la majeure partie des renseignements sur les chutes du Niagara transmis durant plus d'un siècle après qu'elles ont été signalées pour la première fois par Champlain.

---

1 Ecrits de O. P. Marshall, p. 219 où il cite le journal de Galinée.

2 La Salle, par Parkman, notes à la fin du volume

3 Parkman cite aussi le second auteur.

ORIGINE DU NOM NIAGARA.

Lalement nous dit que le nom donné à la rivière par les gens dont le territoire est ainsi arrosé, était Onguaahra, mais il n'en donne pas le sens. Dans la langue Mohawk le nom de Oneagerah-Onyara donné par l'un, et Oh-nya-ga-ra[1] par un autre signifie le "col", par allusion à la rivière entaillant la péninsule Niagara entre les deux lacs. Les sauvages Seneca l'appellent Nya-geah Les Iroquois l'appelaient O-ny-a-ka-ra et aussi Oienkwara, mot qui signifie fumée de tabac. Sur la carte de Sanson (1656) le nom est donné Ongiara. On le donne aussi comme Onghiara. Hennepin donne l'orthographe Niagara sur la carte de 1683 qui accompagne son volume de la Louisiane. En 1686 le nom de Oneigra est donné dans un document. Sur la carte de Ooronelli en 1688 on emploie le nom de Niagara. En 1701, les Seneca ont fait don aux Anglais d'une pièce de terrain "incluant également les grandes chutes de Okinagaro", et dans le traité de 1726 le mot employé est Oniagara. Les sauvages prononçaient le mot Ni-aug-ara. Dans la dernière partie du dix huitième siècle , il était donné comme Niagàra et au début du dix-neuvième siècle, il figure comme Niagara.

P.S.— Cette annexe aurait dû être placée comme premier article de l'annexe I, mais elle n'a été préparée qu'une fois que l'ouvrage était sous presse et il était impossible de déranger la pagination ayant servi à l'index.

---

1 Voir O. H. Marshall pour beaucoup des formes du mot et aussi "Brief History of Old Fort Niagara" par Peter A. Porter, Niagara Falls, 1896.

INDEX.

AVIS.—Après que les taits caractéristiques out fait l'objert d'une mention préliminaire, les mentions subséquentes, faites à titre d'explication ne sont pas soujours indexées.

Page

Abaissement des sorties des lacs, par raclâge 239, 241, 245, 250, 288, 299, 300
effets sur les canaux et havres..... 259
des lacs par détournement du canal Chicago et d'énergie du Niagara.....282, 287, 288
a la sortie du lac Erie..... 286
Adams, Alton D..... 17
Adams, centre localisé sur la plage Iroquois..... 295
Addition des eaux du Huron au drainage Erié, date de l'.....386, 392
Affaissement du lac Ontario.....207, 216, 295, 418
Age des chutes Niagara, conjectures.....388, 390
déterminê par la caracte d'En Haut..... 375
durant le stage Erié..... 384
durant le stage moderne..... 384
total..... 386
Age du Whirlpool..... 386
Aire du bassin en amont des chutes d'En Haut..... 279
des lacs et de leurs champs de drainage..... 217
de la sortie du lac Erié..... 279
du recul. Voir Recul des chutes Niagara.....
Alleghany, rivière affluent du bassin Erié..... 422
Allenburg et Thorold, dépression..... 435
Algonquin, lac..... 313
Carriere du..... 316
définition..... 317
Algonquin, plage, auprès du lac Nipissing..... 314
carte de la..... 315
soulèvement au redressement de la..... 315
Alitude continentale..... 418
Americaines, chutes, profondeur de l'eau sur les..... 271
recul des..... 367
vue des..... 121
vue de profil des..... 39
volume des..... 272
Ancienne vallée aux Narrows, rapide Whirlpool..... 155
Andrews, Dr. Edmund, sur les plages a Chicago..... 327
Anse de Foster Flats..... 187
Augmentation de la rivière Niagara.....201, 324, 376
Avant-Baie O. P. Co., et vuc à l'extrémité de la Premère Cascade..62, 83

Page
Bakerell, sur le nom de "Chutes Canadiennes" 15
le recul des 388
Balsam lac, sortie 310
Barclay, Anth., du Service de la Frontière Internationale 17
Barrage de la gorge Niagara 276
Barrière du bassin du lac Erié 307
du bassin du lac Ontario 297, 413
Bassin en amont des rapides d'En Haut, coupe du 279
influencé par niveau Erié 286
Voir aussi Première Cascade .....
Bassins des lacs, traits 411
Beaver dam creek 426, 436
Beauharnois, canal 256
Bell, Dr. Robert, sur l'arête Davenport 103, 292
la sortie Nipissing ..... 31.
Voir Préface
Berges, voir berges originales de la rivière Niagara
du bas la de rivière Niagara 145
vue des 215
dans le Pare Victoria, vue des 121
Bell, terrasse, description et montrant la hauteur des chutes 145, 212
Berryman, colline de sable et vue 135, 230
Bird, Wm. A., du service de la Frontière Internationale 18
Bishop, Irving P., vallée ensevelie sous le lac Erié 414
Bowman, ravin 135, 143
Brasserie, vieille, chenal enseveli, frontière 137
Brown, pepinière, plage Forest à Fonthill 443
Brock, monument au-dessus de la terrasse Roy 207
Buffalo creek, vallée ensevelie 414
Burnell, Keating et Hawkins, levés des chutes Niagara 24
Burlington, plage et altitude 294
Cabot, découverte du Canada 488
Cable traversant la gorge (Ontario Co.) 106
Campbellford, plage Iroquois à 297
Canadian Niagara Power Co., privilège 273
levé de la ligne de crête (premier) 18, 29
volume de la rivière Niagara 273
Canal à Chicago, voir canal de drainage de Chicago .....
Erié 273
Welland 273
Canal du lac St.-Clair 239
Canastota, plage Iroquois à 295
Canyon du Niagara, voir gorge .....
Canyon Erigan voir Erigan canyon .....
Cantilever pont, forages à 155
sondages 64

Page
Carter, Cap., sondages à la gorge 59
Carter's Cove, vue de 358, 398
Cartier, découverte du fleuve St-Laurent 489
Cayuga, lac, profondeur, vallée préglaciaire 423
Cavagnac, hauteur des chutes 491
Champlain, route de 1615 310
Changement du drainage Huron 161, 166, 202, 205, 363, 384
du niveau d'Ontario 207, 219
Charge d'eau aux chutes et en recul 356
dans la rivière en aval des chutes 175
Charlevoix, premières observations 43
Chenal profond au delà de la gorge 79, 104, 217, 373
Chézy, formule 288
Chicago, canal de drainage, effets sur niveaux du lac ... 240, 273, 280, 288
drainage des lacs, ancienne, supposition 352
détournement de la rivière Niagara des Narrows aux rapides Whirlpool 163
Chicago, récent débordement des eaux des lacs 163, 327, 337
carte du 328
quand les Chutes étaieur aux rapides Whirlpool 364
Chewett, levé des chutes Niagara 24
Chippawa creek 428
"Chutes américaines," le terme de 15
"Chutes canadiennes," le terme de 15
Chutes, bassin des, origine et drainage reuversé 176, 177
largeur le congueur 30
Chutes position des, au moment de Hennepin, 1678 46
Chute transversale de Smeaton 106
de Hennepin 450, 451
Cîme, aux Chutes 44, 92, 122
Claypole, Prof. E. W., sur le Whirlpool 134
Clinton de Witt, sur les chemins d'Arête 291
Clinton Falls à la hauteur des Foster Flats 196
au ravin Smeaton 107
dans le recul 356
Clinton, calcaire dans la gorge 90, 96
voir coupes de la gorge .....
voir terrasse Wilson .....
Coleman, Prof, A. P., sur la plage Iroquois 294, 297
Comparaison du chenaux du Whirlpool et des Narrows 148
Conjectures quant aux âges des Chutes. Voir âge des Chutes .....
Cornifère, zone de calcaire, à la sortie, du lac Erié 117, 467
Correction de débit moyen des rivières Niagara St-Clair, St-Laurent. 255
Couverture, strates de irrégularité de 100
Coupes de la gorge 103, 115

Page
(sondages) 62, 79
Coupe à la sortie du lac Erié 279, 286
Crête, ligne de, des chutes Niagara, vue de 31
Cripson, remous, Foster flats 109, 186
Crittenden, plage Forest à 313
Curry, P. W., sur les forages dans la gorge 57, 64
Dana, J. D., sur le nom de Warren 301
Débit de la rivière St.-Clair, tableaux 262, 482
corrections pour variations 264, 265
rivière Niagara 261
tableaux de 262, 481
corrections pour variations 262
rivière St-Mary, tableaux 262, 483
rivière St-Laurent, tableaux 262
corrections pour variations 266
Déclivité du lac Erié aux rapides d'En Haut 54
des chutes Niagara, relativement à l'énergie motrice des chutes. Voir Hauteur 269
De Cou, chutes 99, 426, 436, 440
Découverte du changement de drainage Huron 205, 308, 486
de la sortie préglaciaire de l'Erié 431
de la vallée Falls Chippawa 171
des chutes Niagara 488
Déformation des plages Iroquois et autres, voir Inclinaison.
Delta de la rivière Niagara 217, 218
Delta à l'extrémité de la gorge (terrasse Roy) 132
Descriptions (premières) des chutes Niagara par Elliott 461
Hennepin 451
Kalm 452
Desor E, sur la plage Iroquois 291
Dewey, Wm., sur les plages des lacs 292
Déperdition d'énergie du Niagara par application 271
Dépôts de coquillages 226
Détournement de l'eau, effet sur les chutes 281, 287
des chutes Niagara 488, 491
de l'eau du Niagara vers le Mississipi 164, 386
ancienne supposition de 350
Diable, trou du 98, 131
Drainage, aire des bassins de 227
proportion de l'Erié 268
de la Première Cascade 272
tablette de l'île Goat, vues de 33, 398
Drift, accumulations près de la rivière St.-Clair, profondeur 319
dépôts à la ferme Berryman et vue 225
Lundy Lane 225
dans le district de Niagara 222

Page
Drift, dépôts à le Parc Niagara 222
la gorge Whirlpool St.-David 141
Dundas, vallée ensevelie 412, 429
East Pitcairn, sur le delta 297
Ecluses 14, 15 et 27 des canaux du St.-Laurent 254
Efficace, profondeur sous les chutes 60
Eldridge, terrasse 211
Eldridge, C. E 62, 141, 197
Effets du plongement des strates sur la rivière 97
Effets sur les chutes. Rapides d'En Haut, et niveaux des lacs, du détournement de l'eau des bassins en amont de la Première Cascade 275, 280, 281, 287, 288
Effet du changement du niveau Huron sur la lac Erié 286
du niveau Erié sur le bassin en amont des rapides d'En Haut 286
Effets des plages penchées sur le Niagara, voir aussi plage Iroquois 301
Effingham sur le canyon Erigan 438
Electric Development Company 29, 273, 282
Elévation du continent, plus forte 418
des lacs, voir différents lacs.
corrigée au dessus du niveau de la mer 259
Embarcation, vue de, dans le Whirlpool 73
en aval du Whirlpool, en sondages 73
Empiétement sur les rapides Foster, vers l'est, et vue 197
Encapement dans l'escarpement St.-David 145
Énergie des chutes américaines 271
canadiennes 270
privilèges des compagnies d' 273
détournement en amont de la Première Cascade 280
charge d'eau des diverses compagnies 271
en aval des chutes 275
chevaux disponibles par pied de changement du niveau d'Erié 271
restrictions 275
déperdition en application 271
basse et moyenne disponible 271
de la rivière Niagara en volume et en chevaux 269
en aval des chutes 272
emploi, janvier 1906, effets 269
Epoque du ganchissement ou redressement 335
Erié, Bassin, traits, profondeur, chenaux enseveliés 272
débouchés ensevelies 430, 435, 442
débouchés resserrés depuis longtemps 282
Erié, barrière du bassin de 305
Erié, débit, proportion de 267
niveau, influencé par le lac Huron 286
proportion de débit 263

Page
Erié, proportion d'aire de drainage 266
de pluviosité 268
Erié, canal, débit du 272
et lac Huron, primitivement séparés 307
recevait d'abord les eaux du Huron 163, 167, 202, 362, 377, 384
sortie, chenal du lac 282
stage des chutes Niagara en aval des Foster Flats, durée de ... 384
Erreur sur le débit Huron moyen 266, 267
Erigan, canyon et chenal et tributaries 437, 445
carte du 433, 439
nom du 436
Escarpement submergé dans le lac Ontario 412
Huron 415
Excavation, puissance d', aux Chutes 92
des chutes, en amont de Foster Flats 200
Fairchilds, Prof. H. L. sur la plage Iroquois 293, 296
Falls-Chippawa, vallée ensevelie, élargissement vers le sud 171
conduisant au chenal préglaciarie Erigan . 179, 392, 425, 431
influençant les rapides d'En Haut et recul . 88, 100, 359, 365
vue de et carte de 87, 174
Fenwick, puits 443
Fluctuations des lacs 235
Fluctuations des grands lacs ave tableaux 245
corrections pour Erié et Ontario 245
Fluctuations aux époques primitivès 248
tableaux (mensuels et annuels) dans annexe 476, 478
Fisher, Rev. Osmond, Théorie des mouvements terrestres 339
Fleeming, Sir Sanford sur l'arête Davenport 292
Frontière, compose de drift avec la plage Forest 428, 435
Forages à Barrie (Lac Simcoe) 417
le long du chenal Erigan sur la péninsule Niagara 441
dans la vallée Falls-Chippawa 171, 176
à Fenwick 432
au sud de Fronthill (a l'Eglise Quaker) 432
à Hamilton dans la vallée ensevelie Dundas au pont cantilever, Narrows des rapides Whirlpool 64, 155, 158
à Richmond Hill 417
auprès de la baie de Saginaw 416
dans la gorge Whirlpool St.-David 140
Forest, plage carte inclinaison influençant le Niagara 301
au dessus du plan Iroquois 306
Fort Erié, date de la construction 23
terrasse à 117
Foshay, Dr. P. Max, sur l'Ohio préglaciaire ou rivière Spencer 422
Fossile, bois, dans un puits de la vallée Whirlpool St-David 143
Foster Flats, signification, appréciée pour la première fois 183

Page
Foster Flats, caractéristiques de....100, 109, 183
gorge à.... 202
chutes Clinton et Niagara et leur union....197, 198, 373, 384
carte de.... 186
obstruction du canyon, vues de....181, 195
conclusions d'après les traits, etc.... 205
anse de.... 187
profondeur et pouvoir d'érosion de la rivière en amont. 200
incision par les troisièrnes chutes....201, 206
augmentation de la hauteur des chutes....372, 378
du volume....202, 323, 377
trous de marmite dans des roches tombées, vue de...192, 199
rapides, empiètements orientaux et vue de....109, 195, 203
origine.... 200
Frontière Internationale à Niagara....15, 272
Frontière, ligne, au bord des chutes Niagara.... 273
au large de l'île Goat.... 18
au large de grand Island.... 18
carte 15; et, en face 19....
aux chutes Niagara.... 14
Futur recul des chutes Niagara.... 392
Gallinée, carte.... 491
Galops rapides, fluctuations du lac et à la bordure rocheuse.253, 297, 346, 413
Gardner, E., levés de la gorge....134, 4
Gauchissement des plages. Voir Inclinaison
Georgienne, Baie, étendue, profondeur, traits....228, 415
et chenal préglaciaire Ontario.... 415
Géologique, Service, Etats-Unis.... 29
Genesee, chutes à Rochester....99, 423
Gilbert, Dr. G. K., adoption du changement de drainage Huron...205, 309
sur les mouvements terrestres et diversion.... 351
des eaux du Niagara, pour le Mississipi.... 351
Plage Iroquois.... 292
Plage Forest.... 304
Eperon nord sur Foster flats.... 193
affaissement du lac Ontario.... 218
le Whirlpool.... 134
Glace en panne daus la rivière.... 62
Glaciaires, effets dans le district Niagara à Pointe Hubbard et à la gorge Whirlpool....127, 135, 221
Goat île, tablette drainée, vue....33, 281, 399
Goodwin, James, levé de la ligne dec rête.... 24
Gorge du Niagara, description et coupes....103, 115
chenal profond au delà....79, 104
contraction en aval et élargissement en amont des Narrows....127, 167

Page
Grabau, Prof. A., sur les vallées préglaciaires des grands lacs..... 420
Grand River—Dundas, ancienne vallée et puits..... 429
Green, Hon. Andrew H., voir Préface..... xii
Green cascade de. Voir Première cascade
Hall, Prof. James, terrasses de rivière avce coquilles..... 122
sur les routes d'arêtes..... 292
levé et carte des chutes Niagara.....14, 27
sur un puits dans le sable de la gorge ensevelie... 135
sur le Whirlpool..... 133
Hamilton, plage Iroquois à..... 295
Haute berge au Parc Niagara et vue.....121, 122
Hauteur du pays auprès de Niagara..... 172
chutes Clinton à Foster flats.....194, 197
avant-baie, Ontario Power Development..... 54
chutes Medina, peus grand développement..... 374
chutes Niagara.....50, 51
chutes à leur naissance.....207, 369, 384
diminuées en amont des Narrows.....197, 358
produisant effet en recul..... 356
anciens changements.....360, 362
augmentation à Foster Flats.....197, 378
à la fin de la gorge..... 370
Foster flats.....197, 200, 372
au ravin Smeaton..... 371
Lacs, corrigeé..... 259
Lac Erié au-dessus du lac Ontario.....54, 55
Arête Lyell..... 123
Terrasses rocheuses de Wintergreen (ou Niagara) flats..... 190
Wilson (ou Clinton) flats
et Foster (ou Medina) flats..185, 188, 198
Rapides d'En Haut.....36, 49, 54
Whirlpool, tableau..... 54
En amont des rapides Whirlpool.....49, 51, 53, 359
Hennepin, chute transversale localisée..... 43
description des chutes Niagara..... 451
Hubbard, pointe effet du recul..... 359
ligne de partage préglaciaire..... 164
terrasse et vue de.....113, 123, 164
Hudson, rivière, canyon submergé..... 419
Humidité (tables annuelles) des bassins des lacs.....473, 474
Hunt, Dr. T. Sherry, chenaux ensevelis sons le lac Erié..... 414
Huron lac, bassin du, profoundeur, traits, escarpement du lac..... 415
débit détourné du Niagara.....308, 313, 321, 376
apporté au Niagara.....201, 202, 324, 376
abaissé par le détournement artificiel du Chicago..... 288
sortie abaissée.....239, 247, 288

Page
Isben, H, forages et sondages au pont Cantilèver 57
Inclinaison de la plage Iroquois (postglaciairè) 297, 335
des plages Iroquois aunoncée pour première fois 487
les bassins des lacs et région 335, 419
bassins des lacs supposés, débournements Mississipi 350
terrains à l'extrémità orientale du lac Erié 305
plage Nipissing 324
influençant rivière Niagara 334
bassin Ontario 413
plages Warren 313
International, pont, coupe au 279
Iroquois plage, caractéristiques et premières observations 291, 293
à Hamilton 294
au confluent de la gorge Niagara 213
carte de la 296
portée de la 297
montrant le premier recul des chutes 372
inclinaison de la 295, 297
Issues du bassin Erié, préglaciairè 430, 436, 446
lac Erié 117, 282, 285, 332
découverte de 431, 447
de la baiè Géorgienne, préglaciairè 418
du Whirlpool, vue de 200
Jennings, W. T 55
Jerseyville, forages à 429
Kalm, Peter, position de la tablette de l'île Goat 49
diminution de la hauteur des chutes 359
description des chutes (en 1750) 452, 461
Kibbe, carte du recul des chutes américaines 39, 42
Lac Algonquin défini 307
Lacs, bassins des, superficie des 227
origine des 409, 423
topographie 409, 410
Lacs, altitudes corrigées 259
Lacs, fluctuations (voir aussi Fluctuations des lacs et chaque lac) . 235, 24
tableaux de quinquennales 237, 238, 241, 242, 244, 246, 247
annelles et meusuelles 343, 344, 469, 480
Lac Erié, superficie, pluie, humidite, température 229, 231, 232, 233
profondeur du 414
traits du 414
fluctuations du 235, 237, 239, 343, 475, 476
hauteur au dessus de la mer, avce corrections 237, 259
lac Ontario 54, 55
abaissement par détournement de (pouvoir, artificiel) . . . 287, 290
raclage à la sortie 252, 255
rétrécissement 311, 487

Page
Lac Huron, Michigan, superficie, pluviosité, etc.....201, 230, 232
drainage ajouté d'abord à celui de l'Erié.....201, 276
traits du bassin du..... 415
fluctuations.....238, 246, 47
Hauteur au dessus de la mer.....236, 258
du lac Erié..... 236
abaissement par détournement de pouvoir (artificiel)..286, 287
râclage de la sortie.....239, 246, 255
écoulement partiellement détourné vers le Mississipi167, 327, 366
Lac Michigan, voir Lacs Huron, Michigan.....232, 237
Lac Ontario, superficie, pluviosité, humidité, température, vent 227, 232, 237
profondeur..... 411
traits du..... 411
fluctuations du.....241, 242, 245
hauteur au dessus de la mer, avec corrections.....241, 259
étiage (stage Erié)..... 219
abaissement par canal de drainage Chicago..... 289
raclage de la sortie..... 252
Lac St-François, chenal noyé intérieur..... 331
Lac St-Louis..... 323
Lac Supérieur, étendue, pluviosité, etc..... 227
stabilité de la sortie..... 245
Lac Warren défini..... 301
Lacs abaissés par détournement d'énergie, Voir abaissement des lacs
montés par récentes chutes d'eau..... 291
Lalement, visite à la rivière et son nom..... 490
La salle, visite..... 491
Laurentiens affluents préglaciaires venant du sud..... 422
Lois d'érosion.....358, 365
Séger, Alex., sondages de la rivière Niagara..... 76
Lescarbot, description par les sondages..... 488
Levé des plages, voir Plages
des chutes.....15, 24
Levé des chutes par J. W. Spencer (1904).....xii, 29, 30
premier levé canadien pour lignes de recul..... 19
des plages Huron (premier)..... 487
notes du recul des chutes Niagara..... 465
Leverett, Frank, forages et plages, Chicago pur le Haut Ohio.....327, 422
Lundy Lane, collines de sable..... 122
Lyell, arête, plateau d'épanchement.....124, 164
Lyell, Sir Charles, sur les rapides d'En Haut et le Whirlpool..112, 123, 133
Madoc, plage Iroquois à..... 297
"Maid of the Mist," sondages..... 57
Marshall, T., histoire..... 491
Marche du recul des chutes Niagara.....30, 37
Medina, chutes en recul.....201, 204, 357

Page
Medina, chutes, caractéristiques, hauteur, achèvement, creusaut chenal dans Foster flats 373, 377
formation, voir coupes de gorge
grès gris aux chutes et dans la gorge . . 91, 96, 187, 201, 373
schistes et grès rouges sous les chutes et vue 90, 165
Michigan, bassin, profondeur, traits, fiords 416
lac, abaissé par les détournements de Chicago et de Niagara 288
Mississipi, drainage partiel du lac Huron vers le 197, 331, 350, 364
supposée autrefois des détournements au drainage du Niagara vers le 357
Météorologiques, conditions influençant les chutes 227
tableaux 470
Montrésor, levé de la rivière Niagara 21, 23
Montée de la rivière Ottawa 256
du lac Superieur 245, 249
de la plage Iroquois voir Inclinaison
Naissance des chutes Niagara et vue de la terrasse Roy 202, 211, 369
Narrows des rapides Whirlpool 65, 112, 151, 154, 160, 165
forages dans 152, 154
carte des 153
origine des 163, 169
voir Whirlpool, rapides
sondages dans 65
Naturel, Pont, N.Y., delta au 295
Newbury, Prof, J. S., sur les chenaux ensevelis du lac Erié 414
sortie Erié 417
Niagara, chutes, âge des 383, 386
conjectures 388, 391
age déteminé par cataracte supérieure 375
à la naissonee, hauteur des 207, 369
à la fin de la gorge
aux Foster flats voir Foster Flats
à la Pointe Hubbard, hauteur 358
au Whirlpool 157, 383
aux rapides Whirlpool 151, 379
au ravin Smeaton 131, 371
raccourcissement 36, 48
profondeur du pouvoir d'excavation 92
découverte des 488
recul des 21, 49, 294, 355, 379
lignes de recul, carte en face 21, 49
coupe de 50, 53, 106, 115, 357
rétrécissement par détournement d'énergie 279
notes de levé 465
vue des chutes américaines 121
des deux chutes 40

Page
Niagara, chutes, âge des, Hennepin (1678) 450
Pierie (1768) 37
chutes canadiennes, Van der Lyn (1804) 38
avant raccourcissement (1889) ..... Frontispice
aux hautes eaux (1906) 395
Niagara, énergie, Voir énergie du Niagara
en aval des chutes 276
Niagara Falls Power Company 273
Niagara Falls, Hydraulic Company 273
Niagara, calcaire, puissauce aux chutes 90
tableau de puissance dans la gorge (voir coupes) .. 96
zone frontière du bassin Salina 427, 434
Niagara, peninsule et plateau 412, 425
rivière, débit et tableau 261
dérangé par canal Chicago 280
augmenté en amont de Foster Flats . 201, 323, 376
Niagara, rivière, débit et corrections 263
delta 216
drainage (partiel) vers le Mississipe . 167, 329, 350, 364, 387
gorge, barrage supposé 276
bief inférieur, au dela de l'escarpement 215
chenal prinitif 117, 132, 366
eaux s'élevant dans le chenal du 219
vélocité de la, en amont des chutes 287
volume, Voir débit
Niagara rivière, comparaison au début avec rivière Ottawa 334
Niagara, Université 106
Nipissing, plage, carte de 315
ligne de partage et hauteur de la 314, 324
tranchée et sortie Ottawa 310, 323
terrasses, hauteur des 323
Obstruction au canyon par les Foster Flats 195
Ohio ou Spencer, rivière préglaciaire 446
Ohio, haut de la rivière renversé 422
Onghiara, nom prirnitif de la rivière Niagara voir Préface xv
Originales, berges et chenal de larivière Niagara 117, 165, 203, 366
Origine, bassin des chutes, Voir vallée Falls-Chippawa
du bassin des Grands Lacs 407, 409, 423
notes de priorité 484
des Narrows des rapides Whirlpool 163, 169
du lac St-Clair 325
des rapides d'En Haut, Voir aussi vallée Falls-Chippawa .. 176
Whirlpool 141
Ontario, bassin, traits du 411
gauchissement, Voir Inclinaison 411
Ontario plages, plus bas que l'Iroquois 300

Page
Ontario sortie, demièrement affaissée 297
Ontario Power Company, cable de traverse 75, 166
Ontario Power Company, privilège 273
Ontario Power Company, usine morice dans la gorge, vue de 46
Ontario, eaux reculant 219
Oswego, plage 219, 300
Ottawa et Niagara, comparaison des rivières 324
Ottawa, rivière montée 257, 324
Panorama des rapides d'En Haut 87
Pêcheur, remous du, aux Foster Flats 109
Penhallow, Prof. D. P 143
Pente de la plage Forest. Extrémité E du lac Erié. Voir Inclinaison 305, 444, 445
rivière Niagara 50, 54, 285
augmentée par détournement d'énergie 288
Perie, vue du Niagara et portion de la tablette de l'île Goat 25, 44
Plages, Voir Algonquin, Bell, Forest, Iroquois, etc .....
Plaines au sud du Lac Erié 427, 432
Plongement des strates auprès de la gorge Niagara 97
Planchers des trois chutes sur les calcaires Niagara et Clinton et grès Médina à Foster flats 181, 196
Plancher des rapides d'En Haut, vue 253
Pluviosité moyenne dans les bassin des différents lacs, et tableaux . 230, 470
proportion Erié 268
effets sur les lacs de l'augmentation récente de la 256
Pohlman, Dr. Julius, nature du haut de la rivière et âge 151, 388
vallée ensevelie sous le lac Erié 414
sur le drainage Tonawanda 171
Porter, Hon. Porter A ..... xiv, 27, 48
Porter, Peter B., commission de Frontière Internationale 17
Position de la chute en 1678 ..... 45, 46
au moment de l'augmentation du volume 202
Postglaciaires, blocs dans les Narrows 158, 161
Préglaciaire rivière Carll ou Alleghany 422
bassin Cayuga 423
chenal pris au bas Niagara 145
chenal dans le plancher du lac Erié 431
dépôts dans la gorge Whirlpool St.-David, tableau 142
élévations de la région continentale 423
bassin des chutes 172
vallée Laurentienne 417
versant de la sortie Erigan 444
issues du bassin Erié 431
de la baie Géorgienne 418
rivières et vallées, cartes des 405
bassin Seneca 423

Page
Préglaciaire, rivière Spencer ou Haut Ohio.....179, 404
vallée aux Narrows, aire de la..... 158
Premières descriptions des chutes Niagara..... 457
Première cascade des rapides d'En Haut, profondeur.....118, 272
effet des strates sur la hauteur....86, 97, 272
baisse des eaux visible.....379, 403
vue des battures.....80, 81, 379, 403
Privilèges pour l'emploi de l'énergie du Niagara, tableau..... 273
Profondeur efficace des chutes Niagara..... 92
Profondeur de drift..... 222
Profondeur de drift dans la vallée Falls-Chippawa..... 171
Profondeur de la rivière auprès des chutes Niagara.....50, 60, 90, 93, 358
Profondeur du chenal Erigan.....438, 444
de la vallée ensevelie Falls-Chippawa.....119, 172, 176
de la gorge. Voir sondages
du chenal préglaciaire aux Narrows des rapides Whirlpool 157
rivière au pont Cantilever.....61, 65, 112
à la Première Cascade.....81, 118, 272, 276
vue de.....83, 277, 300
au bief inférieur..... 217
supérieur..... 118
aux rapides d'En Haut..... 80
au Whirlpool et en aval.....69, 70, 143, 376
de la rivière St.-Laurent.....253, 333, 412
des eaux des chutes américaines..... 271
canadiennes..... 272
puits en dessus de l'encapement..... 145
de la gorge Whirlpool St.-David..... 143
Proportion de drainage Erié.....266, 267
du niveau du débit Erié..... 279
au détournement d'énergie relativement à toute la rivière
en amont de Premère Cascade..... 289
de l'eau des deux cotés des la Ligne Frontière..... 273
Proportion du Niagara pouvant être détournée.....274, 275
Prospect farm plage Iroquois à.....219, 292, 297
Pruche blanche dans un puits profond à 186 pds..... 143
Puissance des calcaires de couverture aux chutes..... 90
sous les chutes..... 96
Puits d'aération..... 143
Puits, Voir aussi Forages
en dessous de l'escarpement Niagara..... 469
dans le bassin Falls-Chippawa..... 171
le Carmelite..... 176
Chippawa..... 176
Clarke..... 178
Ferry..... 178

Page
Puits, Glasgow 178
Gray 178
Kister 178
Logan 177
Malone 178
Montron 178
Read 178
Quaker, église (Ridgeville), puits 440, 443
Queen Victoria Park, plancher du 88
Raccourcissement des chutes canadiennes 36, 48, 55, 275, 283
Raclage de la sortie du Lac Erié. Voir baisse des sorties des lacs ... 285
Ragueneau, première visite 490
Rapides Foster 109
Whirlpool, âge des 384
embarcation dans 74
profondeur et hauteur 51, 53, 68
gorge, caractéristiques et remplissage 133, 137, 367
effets de la glace 135
origine des rapides modernes 140
sortie, profondeurs 360
sondages et coupes 68, 112, 133, 201
sortie, vue de 381
Voir aussi Narrows 50, 52, 53, 143
Narrows, modernes 164
chenal et Narrows 151, 359, 367
carte des Narrows 153
origine des 163
vue 148
St-Laurent 254
St-David, vallée ensevelie, frontières 133
forages dans 141
effets sur le chenal Niagara 100, 383
gorge 133, 143
traits du pays 135
tête des 154
carte des 139
Rapides d'En Haut, arête auprés des 118
bord du bassin des (voir Première Cascade) 89, 97, 118, 272
caractéristiques des 53
date des 253
profondeur des 79
première apparition 359
plancher des 253
origine des 176, 366
vue du lit des 84

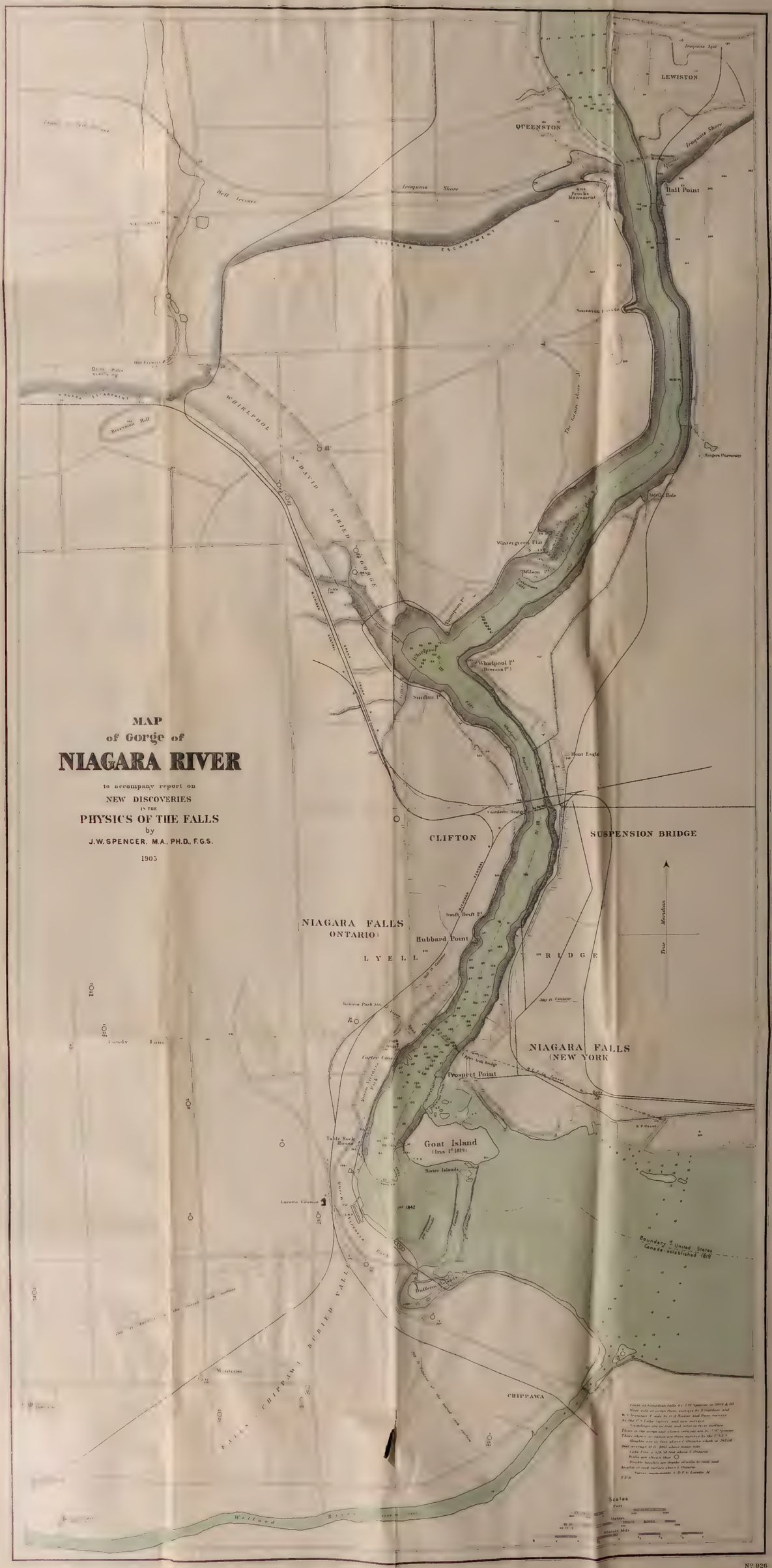
Page
Rapides d'En Haut, panorama des 87
rivière des, caracteristique et profondeur 117, 118
Rapides au chutes Medina noyés 104, 374
affluents de la St-Clair reuversée et date 320
vallée des bassins des lacs 409
Restrictions de l'usage d'énergie 295
Recul des chutes américaines 42, 369
canadiennes 32, 355
aire et marche du 32
dans les formations rocheuxes 89
dans l'aveuir 388
mode de 36
examen des notes de 465
au ravin Smeaton 107, 371
lignes de, carte en face 27
réduit 92, 367
Renversé, drainage, aux chutes Niagara 178
de la Pennsylvanie et Virginie occidentale 422
Richland, plage Iroquois à 296
Ridgewell, puits (eglise Quaker) 439
Rivière, berges, Niagara primitif 206
au ravin Smeaton 137
depôts de, élargissement de l'ancien lac, au cable d'O. P. Co. 137
graviers, île Goat. Parc Victoria, pointe Whirlpool 121
pente (Niagara) 49
Rochester, plage Iroquois à 296
chutes Genesee à 99
Rocheuse, structure, influençant le recul 85, 94
dans la gorge 95, 101
Routes d'arêtes 291, 301
Roy, terrasse 105, 136, 207, 370
Roy, Thos 103, 207
Russell, Thos., sur la baisse du lac Huron 239, 248
sur la proportion de drainage Erié 266, 267
Rucker, Geo. A., levé de la route du chemin de fer de la gorge 98
Sable, arêtes dans le district de Niagara 225
Salina, formation 427, 431
Saginaw, baie, forage auprès de 417
Schistes dans la gorge et près des chutes 90, 97
Scott, James, (sondages dans la gorge Niagara) 76
Scovell, J. F., sur les vallées ensevelies du destrict de Niagara, d'après les puits 146, 171
Seneca, lac, vallée préglaciaire et profondeur 411, 416
Short Hills vallée, nature, profondeur 427
Sinclair, pointe à la tête de l'amphithéatre préglaciaire 112, 163
Smeaton, ravin, nature du 106, 371

Page
Smeaton, ravin, montrant la hauteur des chutes....100, 371
Sondages en-dessous de la fin de la gorge.... 78
dans la gorge....64, 80
sous les chutes, et méthode.... 57
premier essai.... 60
au Whirlpool.... 68
de la Rivière d'En Haut.... 79
Spéculations quant à l'âge du Niagara.... 388
sur l'origine du Whirlpool.... 133
sur le détournement des eaux du Niagara.... 351
Spencer, Dr. J. W., ancien travail sur l'âge des chutes.... 390
addition des eaux Huron à l'Erié....308, 487
changement de hauteur des chutes.... 389
augmentation du volume de la rivière....205, 308, 487
Foster Flats, ou le volume de la rivière a augmenté 184
origine des bassins des lacs.... 411
des Narrows des rapides Whirlpool.... 167
détournement du Mississipi.... 357
séparation des eaux Huron et Erié....308, 486
retrécissement du lac Erié.... 311
levés des lignes de rivage soulevées et redressées
293, 301, 313
St-Clair canal.... 239
lac, origine du.... 325
rivière, débit. Voir débits.... 262
correction.... 264
St-Clair, rivière, reuversée.... 319
carte de la.... 320
St-David, encapement dans l'escarpement.... 133
chenal et puits en aval de l'escarpement.... 145
St-John Ouest, dans le canyon Erigan.... 438
St-Mary, rivière voir débit.... 262
St-Laurent, barrière à la sortie abaissée.... 324
chenal intérieur profond (stage Erié)....331, 412
profondeur du.... 412
rivière, débit. Voir Débit.... 262
variation, corrections.... 266
Sommaire partiel, non indexé.... 1, 12
Stabilité de la croute terrestre.... 341
sortie du lac Supérieur.... 245
Stegman, carte du Niagara....22, 27
étang.... 47
Stoddard, Prof., sur la plage Iroquois.... 292
Strates dans la gorge et tableau des....95, 96
plongement.... 97
Swaze, chutes....99, 441

Page
Swift Drift, Pointe, coupe de la gorge.....114, 164
Tables. Voir Sujets
Table des forages dans les Narrows.....156, 157
Rock, chute de..... 40
de la pente de la rivière..... 54
strates dans la gorge..... 96
Tanner-Blish, tubes de sondage..... 59
Tarr, B. S., sur le lac Cayuga, vallée ensevelie..... 423
Tayler, T. B., sur le changement du drainage Huron.....205, 310
affluents noyés de la St-Clair..... 322
Taylor, B. F., sur les Narrows des rapides Whirlpool..... 167
sortie Nipissing..... 168
études sur les plages.....307, 316
Terrasses, Voir aussi Plages
Terrasse à la naissanee des chutes, vue de..... 210
Bell..... 211
Eldridge..... 211
Iroquois..... 213
la plus basse dans le bassin des chutes..... 178
Fort Erié..... 285
Ile Goat et pointe Prospect.....121, 179
Terrasse, hauteur des chutes montrée dans, à la fin de la gorge.207, 217, 371
a la pointe Hubbard (préglaciaire)..... 122
aux Narrows des rapides Whirlpool (préglaciaires)..... 128
sortie du lac Ontario..... 220
de la rivière St-Clair..... 319
au Whirlpool.....122, 129
à la pointe Wilson (Foster flats)..... 188
à Wintergreen flats..... 131
dans le Parc Victoria..... 179
rivière primitive à Mt. Eagle..... 165
Roy.....105, 207
Terrestres, mouvements non existant.....341, 345, 346
observations auprès lac Erié..... 341
lac Ontario..... 345
lac Huron..... 348
Voir aussi Inclinaison
cause des, et théorie Fisher..... 339
Tête de la vallée Falls-Chippawa et ravin préglaciaire aux Narrows. 173
Troisième Cataracte.....198, 373
Thorold, incision dans l'escarpement..... 436
Toronto, plage Iroquois à..... 297
Traité de Gand..... 17
Traits du bassin des lacs..... 411
de la rivière Niagara originale et vue..... 399
Trent vallée, plage Iroquois dans..... 297

Page
Trout, lac sur la ligne de partage Nipissing 322
Tunnel sous les chutes 50, 90
Union des chutes Clinton et Niagara 197, 372
Unies Chutes, hauteur des 198
Upham, Dr. Warren, vallées ensevelies sous le lac Erie 414
pour baptiser les lacs 301
Vallées ensevelies dans les bassins des lacs 409
de Dundas 412
Falls-Chippawa 171
entre la baie Georgienne et le lac Ontario 417
sous le lac Erié 415
du chenal Whirlpool-St.-David 137
Valleyfield, écluse 14 256
Vélocité de la rivière Niagara 287
augmentée par détournement d'énergie 287
Vent, velocité (table annuelle) sur les bassins des lacs 474
Victoria Park falaises et vue 121, 122
Visiteurs des chutes Niagara 44
Volume des chutes américaines 272
chutes américaines et canadiennes comparées 271
débit Erié 365
chutes à leur naissance 369
Niagara, rivière, changement 363
débordement Chicago 364
privilège de détournement 274, 375
augmentée en amont de Foster Flats,
Voir débit 198, 363, 376
Wainfleet, marais 446
Warren lac, definition et sens du 301
carte d'une partie 302
plages du 303
eau, établissement et démembrement 307, 486
Welland canal, débit 273
Wesley, Parc, sur l'arête Lyell 123
White, Prof. I. C., sur le Haut Ohio préglaciaire reuverse 422
Williams, Prof. H. S 134
Wilson, James, sur les chutes Hennepin, profondeur des rapides
45, 59, 81, 191
Wilson, pointe 185, 198
union des deux cataractes 272
terrasse 100, 109, 191
éperon septentrional 192
Winger, puits 442
Wintergreen, Flats, ou terrasse 109, 185, 194
Woodware, Prof. R. S., sur le levé des chutes 24
Wright, Prof. G. F., sur la sortie Nipissing 310, 316

Geological Survey of Canada
ROBERT BELL D.S., M.D., LL.D., F.R.S., C.S.O. ACTING DIRECTOR
1905.



No. 926
Price 10¢

La bibliothèque
Université d'Ottawa
Echéance

The library
University of Ottawa
Date Due

10 1273

OCT 1 9 1988

NOV 0 2 1988

CE

a39003 003032751b

GB 1427 .N5S714 1915

SPENCER, JOSEPH WILLI

CHUTES DU NIAGARA.

U D' / OF OTTAWA
COLL ROW MODULE SHELF BOX POS C
333 06 13 11 21 17 2